Cours Construction Générale

1ère année

ENAU 2015/2016

Plan du Cours

Chapitre 1 :
Histoire de la construction

I- Au Néolithique (l'ère de la pierre polie)



Les constructions en Argile

La terre est un matériau présent dans la construction depuis la nuit des temps.

L’argile a été utilisée par toutes les civilisations du fait de sa maniabilité et de son abondance.



Les constructions en Argile

Malheureusement, sur le plan archéologique, ce matériau se désaltère plus rapidement que la pierre, et il existe donc peu de traces.

La terre crue a été utilisée soit comme matériau structurel (le pisé, la bauge, l'adobe, soit a comme matériau de remplissage (souvent entre les éléments d'une ossature bois) : le torchis.

Les constructions en Pierre

La pierre constitue l'un des matériaux de base de la construction.

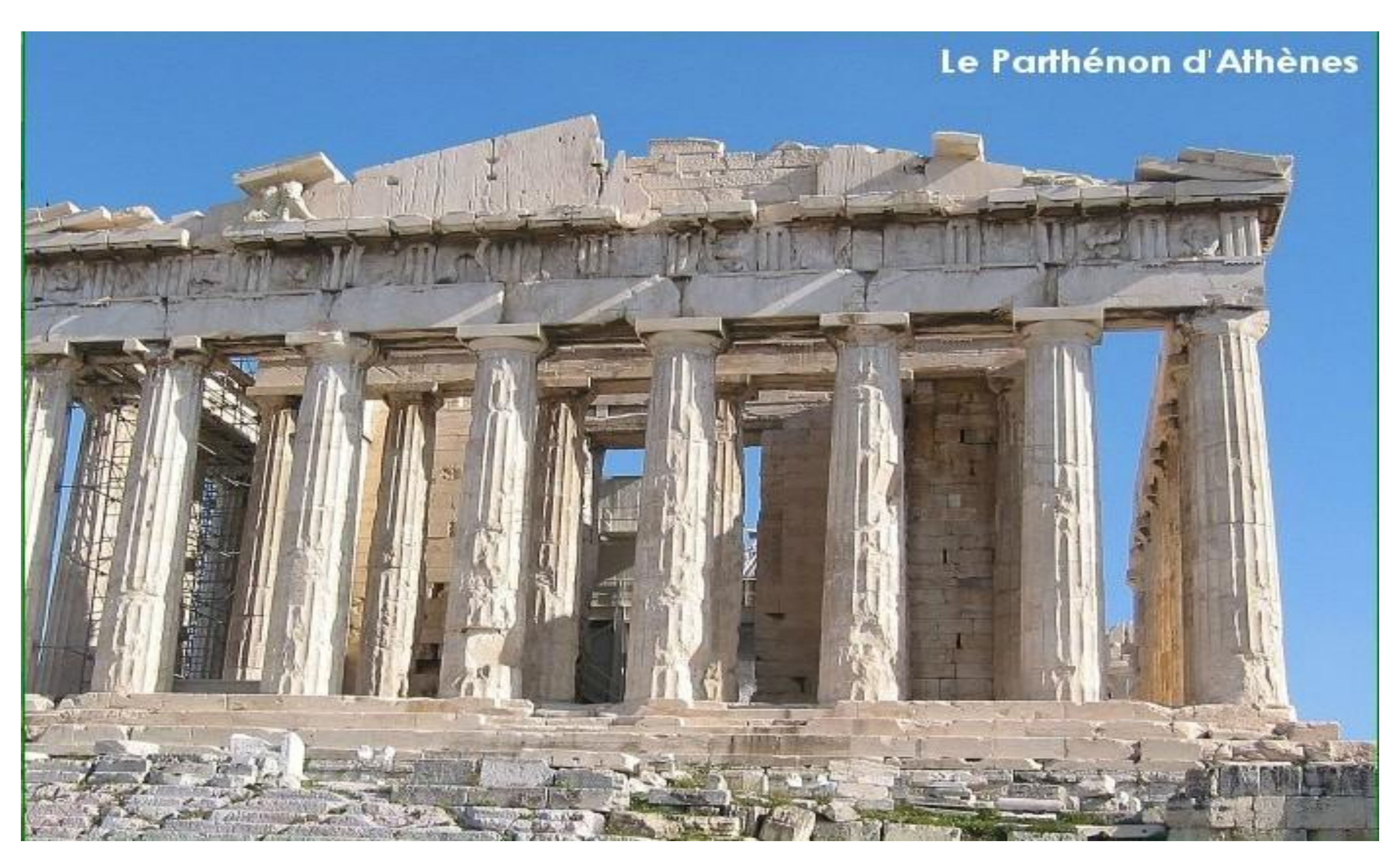
Afin d'extraire la pierre, l'Homme a commencé à creuser le sol avec des outils rudimentaires, en bois, corne ou os quand il fait face à des sols meubles, et en silex, quand il s'agit de roches.

Des pierres prélevées à l'état brut ont été utilisées dans la construction des murs en pierre sèche. Les cailloux arrondis des rivières sont difficiles à mettre en œuvre sans mortier, on les cimente donc au moyen de mortiers d'argile.

Les constructions en Pierre

La recherche de pierres de plus en plus en profondeur conduit à l'établissement des carrières à ciel ouvert ou souterraines. Ce qui mène l'Homme donc à creuser des puits et des galeries pour se procurer le silex.

II- La construction à l'époque des Grecques :



II- La construction à l'époque des Grecques :

Initialement en bois, recouverts d'argile cuite peinte de couleurs vives, destinée à protéger le bois, les temples grecques ont été progressivement construits en marbre ou en calcaire gris prenant ainsi une dimension monumentale.

Le temple est couvert de tuiles, rectilignes ou curvilignes, en terre cuite ou en pierre, entre 60 cm et 1 m, estampillée de dates de lettres ou de destination.

Un soin particulier est accordé aux charpentes renforcées parce que supportant des tuile en pierre.

Contrairement à l'image de marbre blanc que nous a laissé l'usure du temps, les temples grecs étaient peints : les lignes horizontales sont en rouge, les verticales en bleu ou en bleu-noir, les fûts de colonnes restent clairs.

Au IIIème siècle av JC, On attribue à Archimède le principe de quelques machines simples : le levier, le plan incliné, la poulie et la vis (la vis d'Archimède). Ces découvertes aussi simples qu'elles soient furent très utiles pour le développement de la construction.

Un siècle plus tard fut inventé les pompes et les fontaines. Ces machines sont les ancêtres de tous les dispositifs de levage et ont été des outils qui ont facilitaient les travaux pénibles en termes d'efforts physiques de temps de construction.



III- La découverte du Béton :

Le mélange de Chaux, d'argile, de sable et d'eau est très ancien. Les Égyptiens l'utilisaient déjà 2600 ans av. J.-C.

Vers le Ier siècle, les Romains perfectionnèrent ce « liant » en y ajoutant de la terre volcanique de Pouzzole, ce qui lui permettait de prendre sous l'eau, ou en y ajoutant de la tuile broyée (tuileau), ce qui améliorait la prise et le durcissement.

Un des premiers grands ouvrages en béton est le Panthéon de Rome, construit sous Hadrien en 128 après J-C avec une coupole hémisphérique de 43,20 m de diamètre à base de béton de pouzzolane.

III- La découverte du Béton :



III- La découverte du Béton :

Au IIe siècle on savait cuire le calcaire à 900 C pour en extraire le gaz carbonique et le transformer en chaux vive. Après extinction à l'eau, les Romains mélangeaient ensuite cette chaux à des additions minérales siliceuses telles que la brique pilée ou la poudre de roche volcanique (la pouzzolane).

Ils obtenaient ainsi un corps résistant – un hydrate – qui durcissait dans l'eau. Cette chaux maçonnée allait encore, des siècles durant, se recarbonater grâce au CO^2 de l'air.

III- La découverte du Béton :

On peut considérer ce matériau l'ancêtre du béton. En effet, ces matériaux ont été longuement utilisés pour former des blocs élémentaires destinés à être assemblés et ont été par la suite coulés en place entre des panneaux provisoires destinés à produire la forme désirée.

En 1756, l'Anglais Smeatson obtient un produit aussi dur que la pierre de la région de Portland. Ce produit est le fruit du mélange de la chaux hydraulique, capable de durcir sous l'eau, et de la Pouzzolane.

En 1817, le Français Vicat étudie scientifiquement les principes chimiques des ciments et en définit les règles de fabrication.

III- La découverte du Béton :

Ces découvertes ont permis, en constituant des mélanges avec du ciment, des granulats et de l'eau, d'obtenir un matériau moulable appelé béton, formant après durcissement une roche artificielle.

L'emploi de ce matériau a cependant été limité dans un premier temps car malgré une bonne résistance à la compression, le béton présentait une résistance à la traction très faible (environ dix à quinze fois moins que celle à la compression) ce qui le rendait trop fragile.

En 1848, Lambot puis Monier et Hennebique ont eu l'idée d'introduire des barres d'acier cylindriques dans les zones tendues du béton : et le Béton Armé a vu le jour dans une première réalisation résidant dans une barque.

III- La découverte du Béton :

Chapitre 2 : Le Projet de construction : Le contexte du site, étapes et intervenants.

I- Introduction :

Sous le terme général de travaux de Génie Civil sont regroupées de multiples activités que l'on peut classer en deux catégories : le « Bâtiment » et les « Travaux publics », communément appelés BTP.



I-1- Le Bâtiment :

Un bâtiment est construit pour remplir une fonction déterminée :

- Habitation individuelle ou collective
- Immeubles des secteurs administratifs et productifs à usage public, industriel, commercial, de bureaux et agricoles.



I-1- Le Bâtiment :

- La construction est réalisée à la demande d'un maître d'ouvrage (personne physique ou morale), sur un terrain bien déterminé.

- Une construction constitue un volume réalisé dont on lui prévoit une durée de vie minimale, stable par lui-même (structure) et vis-à-vis du sol d'assise (fondations), limité et clos par des parois extérieures (enveloppe) protégeant un milieu intérieur corrigé (équipements) d'un milieu extérieur naturel (intempéries).

I-1- Le Bâtiment :

L'édification de ce volume, implique le recours simultané, en un même lieu à plusieurs corps d'état regroupées en entreprises :

-Gros Œuvres : fondations et structures portantes, charpentes et couverture.

-Second Œuvres : façades, menuiseries, fermetures extérieures et intérieures, revêtements des sols et revêtements muraux.

-Lots Spéciaux : plomberie sanitaire, chauffage, climatisation, électricité, ascenseurs…

I-1- Le Bâtiment :



I-2- Les Travaux Publics :

Les entreprises des travaux publics se chargent de grands travaux relatifs à :

-La production d'énergie : centrales thermiques, hydrauliques, bâtiments de production et d'exploitation nucléaire,

-L'établissement des réseaux d'adduction d'eau et d'assainissement,

-La réalisation des voies de circulation routières, ferroviaires, fluviales et d'ouvrages publics, ainsi que des infrastructures au sol des voies aériennes et maritimes

I-2- Les Travaux Publics :



II-Les Intervenants:

Le maître d'ouvrage : une personne physique ou morale pour le compte de laquelle sont effectués les travaux (le client).
Son rôle est de définir le programme de construction en fixant ses exigences en matière de prix, de délais, de qualité.
Il veille au bon déroulement de l'opération de construction et devra procéder à la réception de celle-ci, une fois terminée. Les maîtres d'ouvrage peuvent être des personnes morales de droit public (Etat, collectivités locales), des personnes privées, physiques ou morales (particuliers, société civile),des maîtres d'ouvrage professionnels qui font construire en vue de la revente (vendeur, promoteur).
Un maître d'ouvrage " délégué " est le mandataire du maître d'ouvrage. Il conduit l'opération de construction pour le compte de ce dernier.

II-Les Intervenants:

Le maître d’oeuvre : En fonction de la mission que lui confie le maître d'ouvrage, le maître d'œuvre conçoit l'ouvrage, dirige et contrôle l'exécution des travaux.
Il est chargé des fonctions architecturale, technique et économique.
Il peut également assister le maître d'ouvrage lors de la réception des travaux.
Les maîtres d'œuvre peuvent être des architectes, des ingénieurs-conseils, des bureaux d'études techniques, et tous autres techniciens…

II-Les Intervenants:

Les promoteurs : Ils construisent l'ouvrage, ce peut être une entreprise générale ou une entreprise titulaire d'un seul lot, voire une entreprise sous-traitante.

La différence tient aux relations contractuelles qu'elles ont avec le maître d'ouvrage ou avec les autres intervenants : l'entreprise générale, titulaire d'un marché unique passé avec le maître d'ouvrage, est engagée pour la totalité des travaux ; l'entreprise titulaire d'un lot n'est engagée qu'à l'égard des travaux relevant de son lot (maçonnerie, peinture, électricité…) ; l'entreprise sous-traitante n'est pas liée contractuellement au maître d'ouvrage, elle est liée à l'entreprise qui lui sous-traite les travaux.

II-Projet de construction:

« Processus unique qui consiste en un ensemble d'activités coordonnées et maîtrisées comportant des dates de début et de fin, entrepris dans le but d'atteindre un objectif conforme à des exigences préalablement définies telles que les contraintes de délais, de coûts et de ressources. »

ISO 10006 :1997

III-Projet de construction:

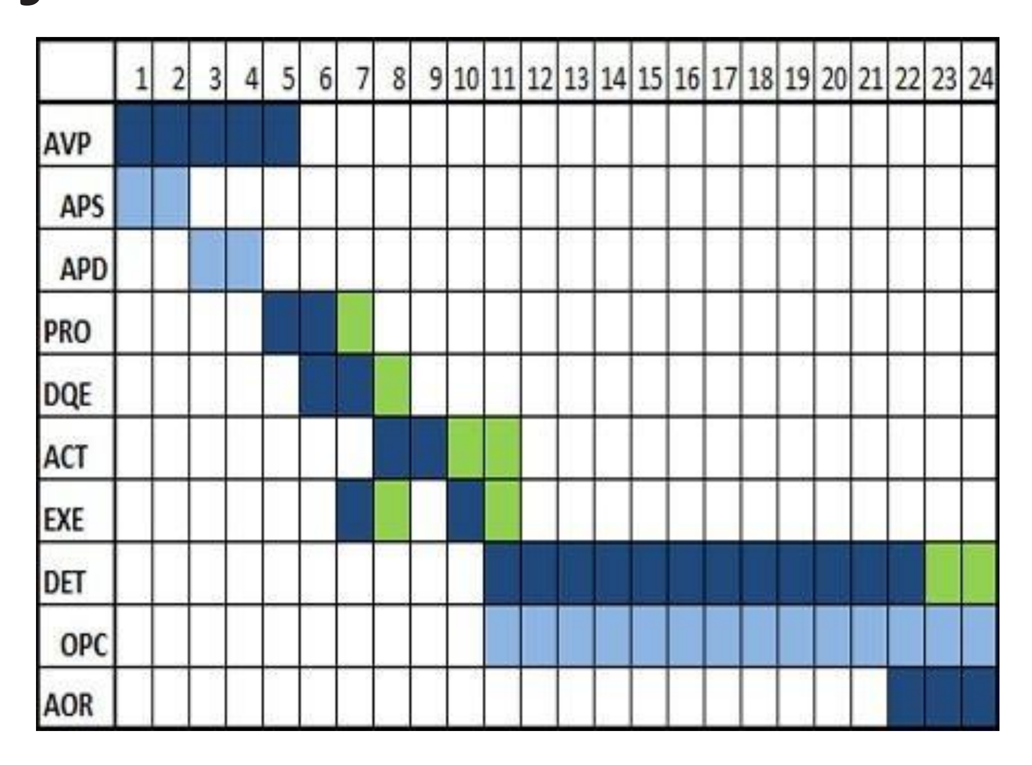
Le maître d'œuvre qui dirige la construction d'un bâtiment pour le client, le maître d'ouvrage, suit la réalisation dans les règles de l'art d'une séquence définie d'étapes qui maximisent la qualité de l'ouvrage final. Ainsi, le plus souvent, c'est l'architecte mandataire, concepteur d'un bâtiment, qui assure aussi la maîtrise d'œuvre et supervise l'ensemble des étapes d'un projet architectural, éventuellement en collaboration avec un bureau d'étude technique, économiste ou d'autres partenaires, selon les particularités du projet en question.

II-Projet de construction:

PHASES

PLANIFICATION	1 AVANT-PROJET
	2 ÉTUDES DE FAISABILITÉ
	3 DÉFINITION DU PROJET
RÉALISATION	4 CONCOURS ’ARCHITECTURE
	5 PLANS ET DEVIS
	6 APPELS D’OFFRES
	7 TRAVAUX
	8 LIVRAISON DE L’OUVRAGE
EXPLOITATION	9 EXPLOITATION DE L'OUVRAGE

II-Projet de construction:



Au premier contact, le maître d'ouvrage exprime ses attentes à l'architecte qui l'aide à préciser ses besoins et son programme pour réaliser son projet architectural dans les meilleures conditions.

II-Projet de construction:

L'architecte présente les résultats de sa première **étude de faisabilité** du bâtiment souhaité et réalise une **première esquisse** en fonctions des différents paramètres liés au terrain, aux options de la construction envisagée par le maître d'ouvrage et de ses contraintes financières.
Cette esquisse initiale permet une première visualisation du projet inséré dans le site.

II-Projet de construction:

1 – L'Etude d'Avant Projet (AVP)

Les études d'avant-projet comprennent des études d'avant projet sommaire et d'avant projet définitif

Les études d'APS ont pour objet :

- De préciser la composition générale en plan et en volume
- D'apprécier les volumes intérieurs et l'aspect extérieur de l'ouvrage
- De préciser le calendrier de réalisation
- D'établir une estimation provisoire du coût prévisionnel des travaux

II-Projet de construction:

Les études d'APD ont pour objet :

- De déterminer les surfaces détaillées de tous les éléments
- D'arrêter en plan coupes et façades les dimensions de l'ouvrage, ainsi que son aspect
- De définir les principes constructifs, les matériaux et les installations techniques
- D'établir l'estimation définitive du coût prévisionnel des travaux, décomposés en lots séparés.

II-Projet de construction:

Pour les constructions neuves, l'APS et l'APD peuvent être exécutées en une seule phase d'étude.

Les études d'avant-projet comprennent également l'établissement des dossiers et les consultations relevant de la compétence de la maîtrise d'œuvre et nécessaires à l'obtention du permis de construire et des autres autorisations administratives, ainsi que l'assistance au maître de l'ouvrage au cours de leur instruction.

II-Projet de construction:

2- Demande d'un permis de construire

Le permis de construire est un acte administratif qui donne les moyens à l'administration de vérifier qu'un projet de construction respecte bien les règles d'urbanisme en vigueur.

Il est généralement exigé pour tous les travaux de grandes importances.

II-Projet de construction:

Au-delà des documents techniques, plans et définitions des matériaux, réseaux et fluides, l'architecte prépare l'ensemble des documents administratifs et juridiques nécessaire à la constitution d'un dossier complet de demande de Permis de construire (PC) qu'il soumet à l'autorité compétente. Il suit l'instruction du dossier, apporte les éventuelles pièces supplémentaires requises et aide à intégrer les expertises tierces nécessaires en accord avec le maître d'ouvrage jusqu'à obtention du permis de construire.

Chapitre 3 : Reconnaissance des sols & Terrassements

Rappel des problèmes de site

1. Zones de failles

2. Sols susceptibles de tasser

3. Instabilité des pentes

4. Zones de karst et cavités

Objectif & Buts de la Géotechnique

- Inventaire des contraintes et des risques géotechniques

- Réponses et adaptations aux contraintes du site.

Contraintes	Risques associés
• Pentes	• Glissements de terrain
• Cavités artificielles ou naturelles	• Affaissements – Effondrements
• Nappes et eaux souterraines	• Infiltrations - inondations
• Nature du sol	• Tassement - fissurations
• Propriétés particulières du sol	• Gonflement – retrait
• Agents anthropiques	• Pollution sol/nappe

Attitude face au risque du sol

- Supprimer ou diminuer la cause du problème
- Accepter certains risques
- Adapter le projet

La présence de fondations descendues au bon sol a permis d'éviter le basculement de l'ouvrage (citerne) malgré le tassement.

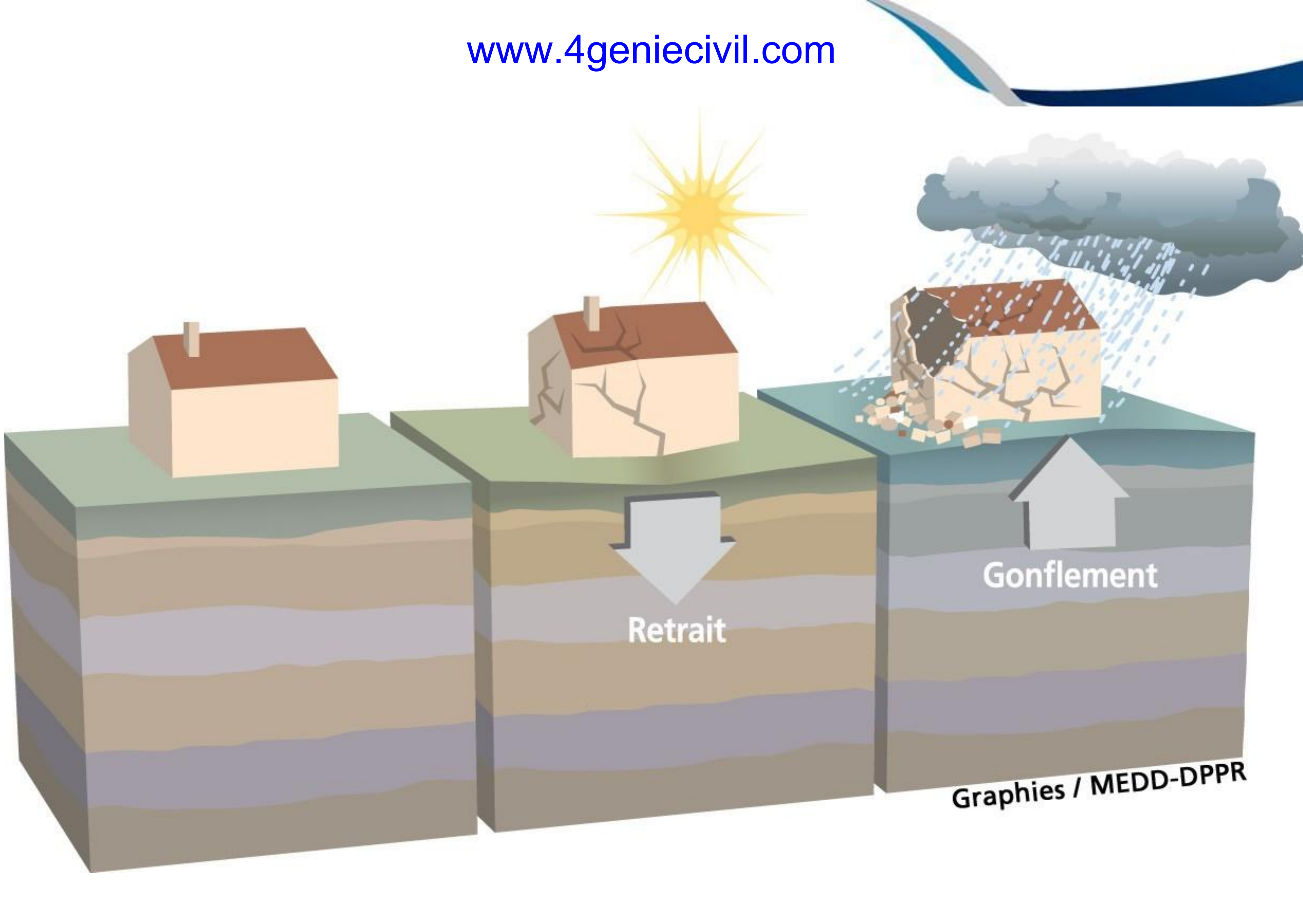


- *Les fondations ne descendaient pas au delà de la zone liquéfiable. Une couche supérieure d'argile de résistance mecanique apparemment suffisante pour un radier peut dissimuler une couche liquéfiable plus profonde.*








Retrait
Gonflement
Graphies / MEDD-DPPR


S. Bès de Berc - © BRGM



Prise en compte des conditions géotechniques

- Localisation sur carte, calage du projet
- Contexte géomorphologique et géologique
- Pendage des couches
- Présence de cavités, de karsts, de carrières, de mines, de décharges…
- Présence d'une nappe et variations probables

Investigations au niveau des études de faisabilité, de l'avant-projet

- Dégrossir les problèmes rencontrés, en tirer les conséquences techniques et financières induites par les traitements éventuels des sols et les techniques de travaux de terrassement, de soutènement et de fondations.
- Programme léger permettant de déterminer la configuration générale de la zone à étudier (présence d'eau, zone liquéfiable, tassements, instabilité des pentes, karsts, etc.)

Investigations au niveau du Projet

- Définir parfaitement les caractéristiques de toutes les couches de sol concernées avant d'arrêter le mode de fondations, les techniques de travaux, les traitements éventuels.
- Un sondage tous les 500m^2 environ, avec un minimum de 3 sondages, avec 15 m maximum entre deux sondages.
- La profondeur des sondages doit aller au moins jusqu'à la zone d'influence de la fondation (mise en charge), trois fois la largeur avec 6 m minimum pour des semelles isolées.

Moyens de reconnaissance

- Les procédés de reconnaissance sont nombreux, le choix est fonction :
  - de l'ouvrage projeté (type, utilisation, importance, sous-sol, etc),
  - des conditions géologiques et géotechniques,
  - du voisinage (modes de fondations des ouvrages voisins ou mitoyens, nature et profondeur, etc),
  - et également du degré d'avancement du projet

- Les essais in situ permettent de déterminer les caractéristiques des sols en place (cohésion, cisaillement, indices de vides, résistivité, etc.).
- Des prélèvements d'échantillons sont réalisés pour des essais en laboratoire.

- Chaque type d'essai a son propre domaine d'application et n'a de valeur que s'il est correctement exécuté et interprété.
- - **Reconnaissances superficielles** par sondages manuels ou à la pelle mécanique
- - **Carottages avec prise d'échantillons** pour des reconnaissances plus profondes
- - **Prospection électrique**
- - **Sismique réfraction**
- - **Sondages destructifs** avec enregistrements des paramètres (avec sondage carotté de corrélation)
- - **Pressiomètre**
- - **SPT (Standard Penetration Test), pénétromètre dynamique**
- - **Pénétromètre statique**

Objectif de l'essai :

L'analyse granulométrique consiste à déterminer la distribution dimensionnelle des grains afin de déterminer la classe du sol.

Principe de l'essai :

L'essai consiste à fractionner le sol en plusieurs classes granulaires par le biais de tamis de diamètres normalisés emboités les uns dans les autres dans l'ordre décroissant.

Les masses des différents tamisâts et refus sont rapportés à la masse initiale de l'échantillon du sol. Les pourcentages ainsi obtenus servent à l'établissement d'une courbe granulométrique.

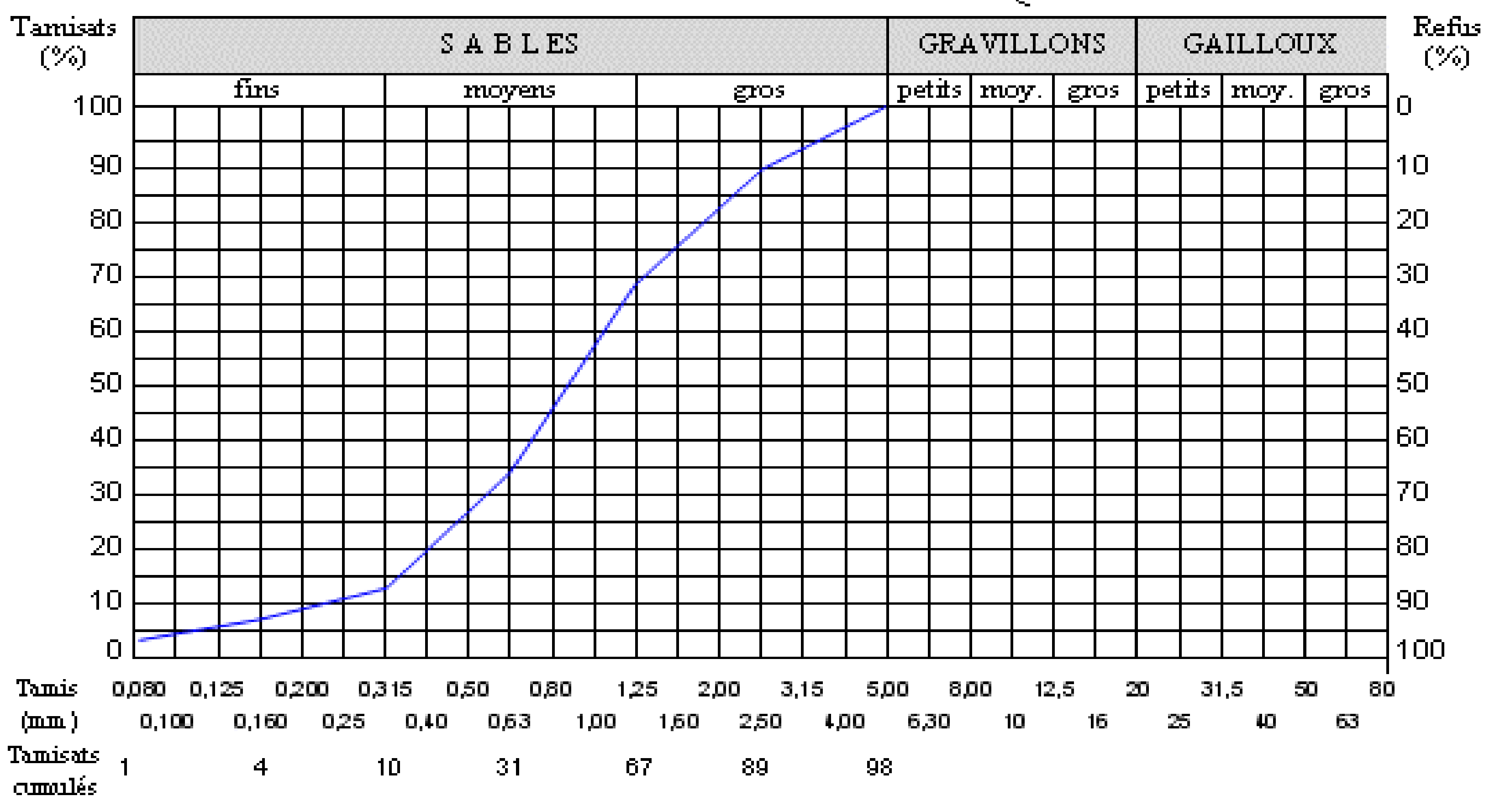
On note tamisât, la quantité du sol qui passe à travers un tamis, alors que le refus, c'est la quantité du sol qui est retenu par le tamis.

Analyse Granulométrique par tamisage





Analyse Granulométrique par tamisage



La particularité des sols **fins** est que, leur **consistance** varie fortement en fonction de leur **teneur en eau.** Leur état va du *solide* s'ils sont desséchés, à l'état *liquide* s'ils sont détrempés. Entre ces 2 états, il existe un état intermédiaire dit *plastique* (pâte à modeler).

Les limites d'Atterberg sont des constantes physiques conventionnelles (teneur en eau pondérale) qui marque les seuils entre :

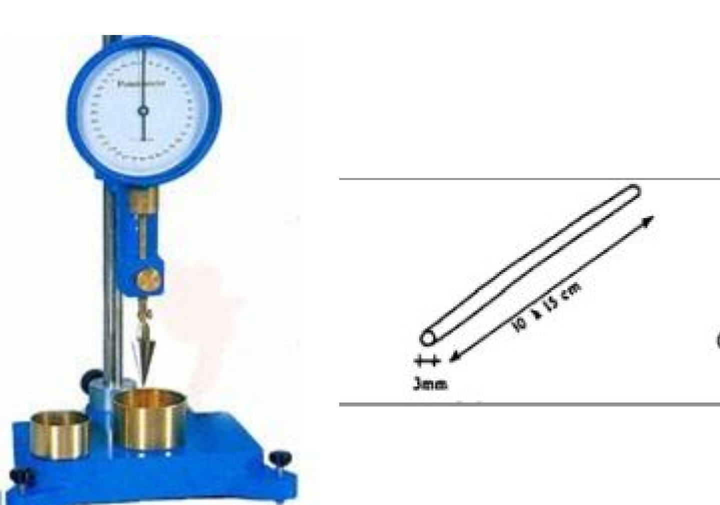
- Le passage d'un sol de l'état liquide à l'état plastique (limite de liquidité W_L)
- Le passage d'un sol de l'état plastique à l'état solide (limite de plasticité W_P)

Ces deux limites sont utilisées afin de déterminer la classification des sols. Elles s'appliquent sur la fraction de sol passant au travers du tamis de 400 µm.

-Limite de liquidité : L'essai peut se faire en utilisant deux dispositifs, l'appareil de Casagrande ou le pénétromètre à cône. On se limitera ici à l'utilisation de l'appareil de Casagrande. La limite de liquidité est la teneur en eau pour laquelle une rainure exécutée dans une pâte de sol placée dans la coupelle de Casagrande se ferme de 1 cm sous l'effet de chocs répétés.

-Limite de plasticité : L'essai consiste à déterminer la teneur en eau pour laquelle un rouleau du sol formé manuellement se fissure en atteignant des dimensions normalisées.



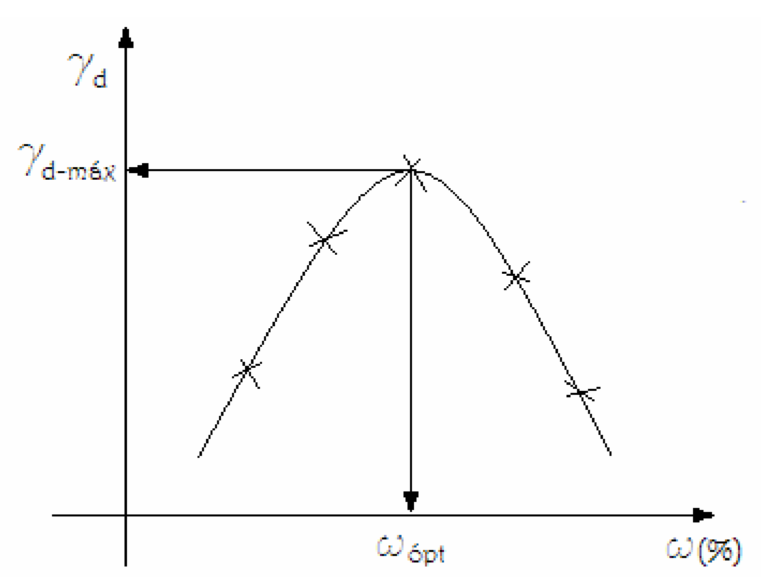


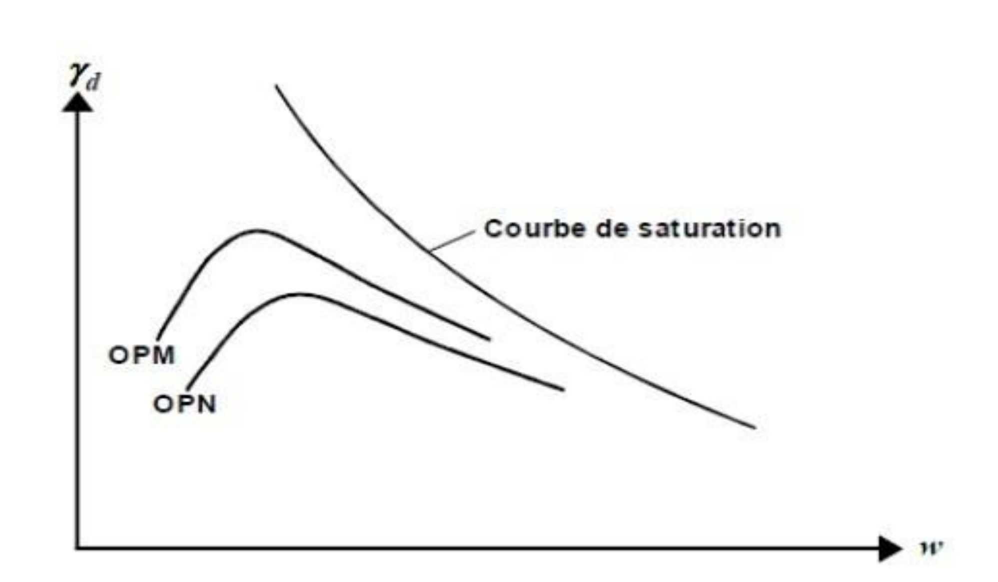
Essai Proctor

Principe de l'essai :

L'essai Proctor vise à déterminer les optimums Proctor d'un sol, à savoir teneur en eau optimale et poids volumique sec maximal. La détermination de ces deux paramètres permet la réalisation du meilleur compactage d'un sol donné.

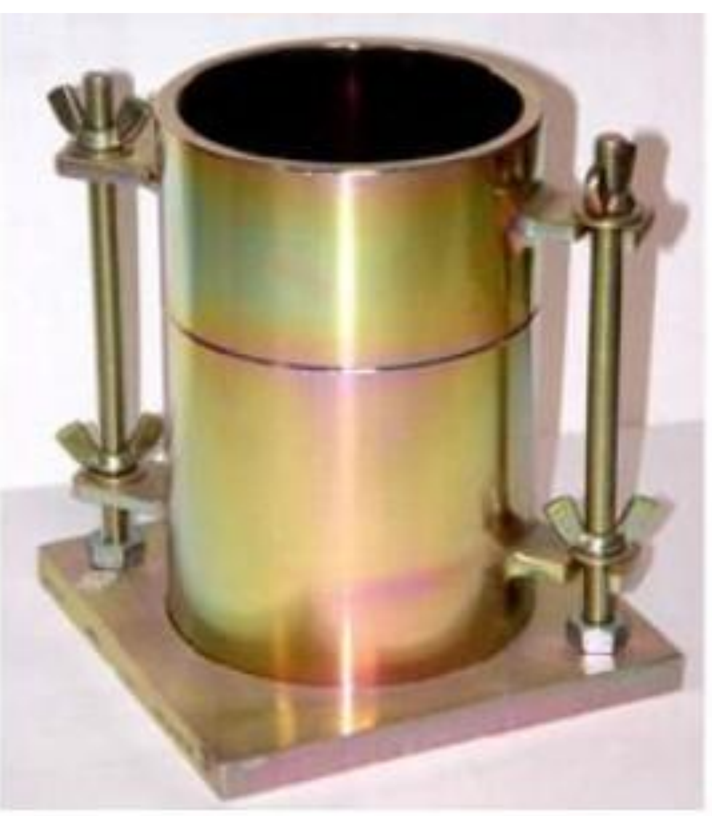
Ces optimums Proctor correspondent aux coordonnées du sommet de la courbe dite Proctor. Cette courbe est établie après avoir compacté, dans un moule normalisé et avec une énergie de compactage normalisée, un échantillon de sol à différentes teneurs en eau et déterminé son poids volumique sec.





Essai Proctor

Appareillage :



Mode opératoire :

Avant le premier compactage, on pèse la base du moule muni de son socle. Ensuite, on monte la hausse sur le moule, et on place au fond du moule un rond de papier filtre pour y éviter l'adhésion du sol. On commence par compacter la première couche, le nombre de couche et le nombre de coups par couche est détaillé dans le tableau de dessous. Après compactage de chaque couche il faut scarifier le sol déjà compacté pour assurer l'homogénéité de l'échantillon et éviter la stratification entre deux couches successives. Lorsque le compactage est terminé, on retire la hausse et on vérifie que le niveau du sol dépasse suffisamment le niveau supérieur du moule. On arase alors doucement le sol avec la règle à raser, en calant du centre vers les bords du moule.

Mode opératoire :





On pèse alors le moule rempli de sol compacté, tout en s’assurant de bien nettoyer l’extérieur du moule. Afin de déterminer la teneur en eau réelle du sol compacté, on démonte le socle et on prélève deux échantillons de part et d’autre du sol compacté, et on détermine leurs teneurs en eau respectives. Ces étapes sont répétées pour différentes valeurs de teneur en eau.

Sondage carotté

C'est un essai in-situ. Ces essai sont considérés comme des sondages non-destructifs.

Ces essais consistent à prélever des échantillons de sols appelés « carottes », pour pouvoir éventuellement réaliser des essais de laboratoire dessus.

Sondage SC01

0,00

2,60

7,50

9,50



Sondage carotté

Ces carottes sont des échantillons non remaniés de sol, prélevés dans des conditions modifiant le moins possible la nature et l'état du terrain.

Ces carottes sont extraites en utilisant un outil appelé « carottier ». On distingue :

- les carottiers poinçonneurs,
- les carottiers rotatifs.



Sondage carotté par poinçonnement :

- Le battage qui est une technique rudimentaire par battage à l'aide d'un mouton.
- Le fonçage (pression) : La pression permet de foncer un carottier muni d'une trousse coupante et d'une gaine intérieure.

Sondage carotté par rotation:

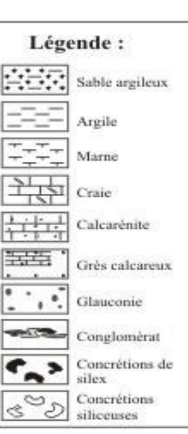
Il est applicable à tous les types de sol présentant une certaine cohésion.
Il nécessite l'utilisation d'un fluide de forage, qui circule par un train de tiges creuses nécessaire au refroidissement de l'outil, l'évacuation des matériaux détruits et éventuellement le maintien des parois des forages.

Prof. Lithologie Couleur — Conglomérats — Pendages

Unités lithologiques

Prof. (m)	Unités lithologiques
0 – 27,5	Sable fin argileux ; Craie grise blanchâtre glauconieuse
27,5 – 33,6	Craie grise à concrétions de silex noirs
33,6 – 43,5	Craie à concrétions siliceuses
43,5 – 56	Craie argileuse
56 – 75	Alternances argiles et marnes verdâtres
75 – 103	Calcarénite glauconifère
103 / 105,3 – 135,4	Alternances calcarénites et conglomérats
135,4 – 170,7	Calcarénite + quelques lits conglomératiques
170,7 – 265	Grès calcareux glauconifère (conglomérat à la base)
265 – 315	Argiles compactes noires
315 – 349.95	Blocs namuriens et wealdiens dans matrice argileuse

Craies indét. — Rabots — Fortes Toises — Dièves — Tourtia — Bernissart — Bracquegnies ? — Catillon ? — Harchies ? — meule — Argiles à faciès wealdiens — brèche houillère

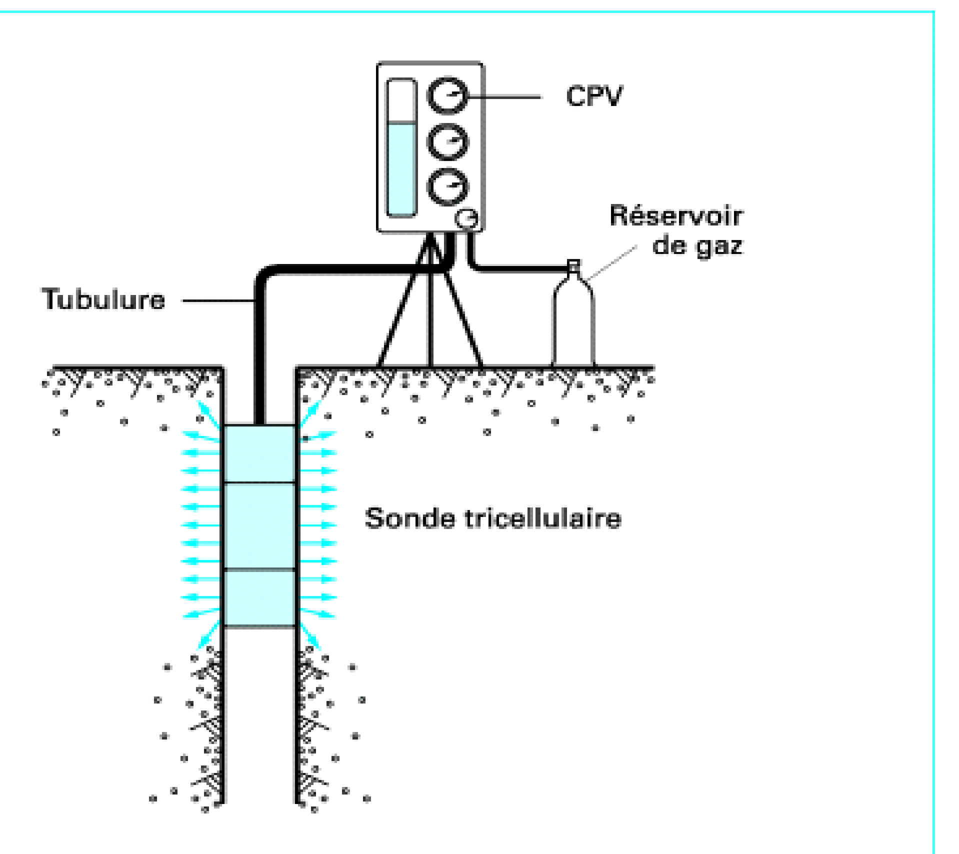


ENAU

Essai Pressiométrique

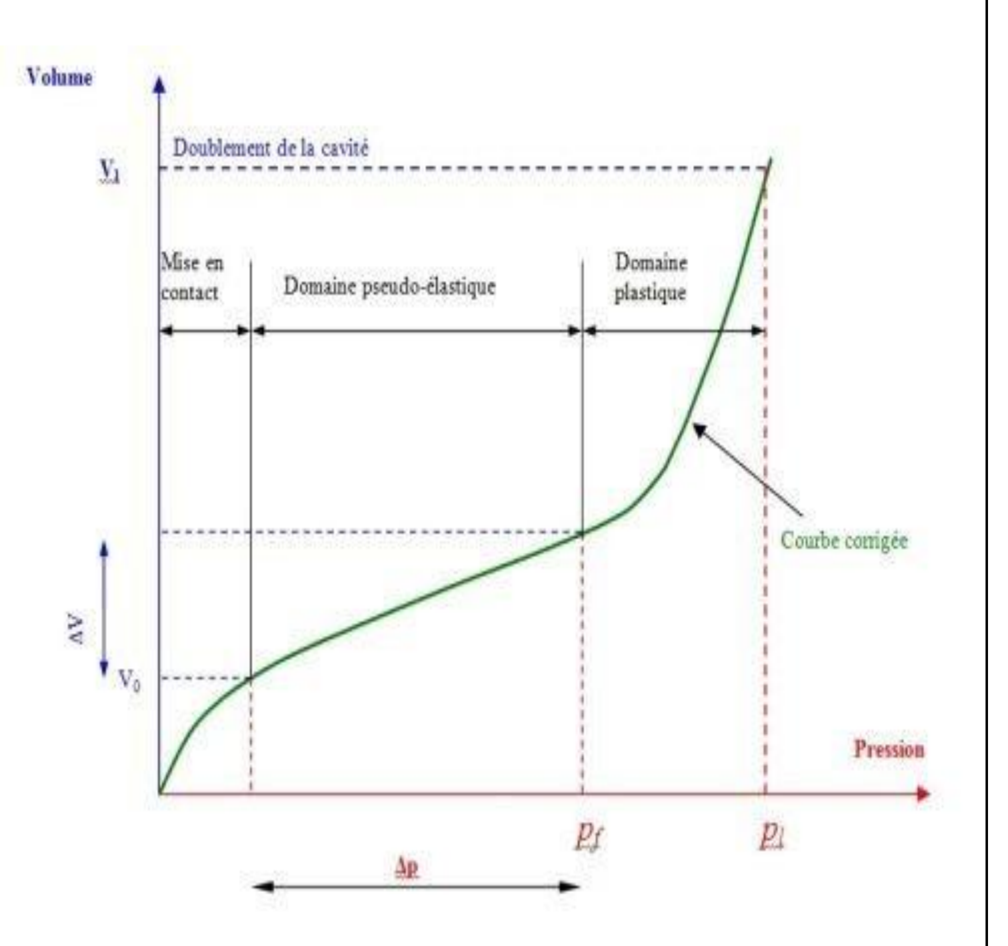
Cet essai permet de déterminer par un essai d'expansion radiale d'une sonde dans sol en place, la pression limite Pl et le module pressiométrique Em. Et ceci, afin de déterminer :

- La contrainte de rupture sous une fondation superficielle ou profonde,
- Le tassement d'une fondation superficielle,
- la nature et la qualité du sol.





Essai Pressiométrique



Pression limite p_l^* (MPa)

Eau

Alluvions modernes : limon argileux compressible

Alluvions anciennes : sable et gravier compacts

Craie plus au moins altérée

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35

0,3 0,3 0,3 0,3 0,3 0,3 1,9 2,0 2,6 2,9 0,6 1,0 1,9 1,6 2,5 2,0 2,3 2,3 3,0 3,5

0,1 1 5

Conclusion :

La reconnaissance de sol se matérialise sous la forme d'un carnet de sondage qui précise :
-l'emplacement des différents sondages ou essais sur le terrain,
-les coupes géologiques correspondantes : nature, position, épaisseur, tassement/contraintes des différentes couches, mode d'investigation, niveau de la nappe.
Cette étude permet :
- le choix de la couche d'assise,
-le recours éventuel à un système spécial de fondation selon le niveau de la nappe.
- les prévisions des tassements des sols en service.

Les Terrassements

Introduction

Les terrassements constituent les travaux de préparation de l'infrastructure des ouvrages de génie civil. Ils permettent d'établir la plateforme des niveaux inférieurs d'une construction ainsi que les accès à ces niveaux. Les terrassements constituent un lot important du projet de construction.

Définitions

Tout mouvement de terres (remblai ou déblai) constitue un terrassement. Creuser une fouille, une rigole ou plus généralement modifier le relief du sol, représente en soi un terrassement.

Un terrassement par déblai consiste à enlever des terres initialement en place ; Un terrassement par remblai consiste à mettre en place, en général par apport ou dépôt, des terres préalablement prélevées.



Les opérations de terrassements s'effectuent souvent dans des conditions difficiles et qui nécessitent des précautions particulières. On cite par exemple :

-Terrassements en mauvais terrains (peu consistants, instables) ;

-Terrassements profonds nécessitant des opérations d'étaiement et de blindage ;

- Terrassements en zone urbaine à proximité de constructions existantes ;

- Terrassements en présence d'eau (présence d'une nappe phréatique).



Afin de bien optimiser les travaux de terrassement, il est nécessaire classer le sol sujet au déblais et remblais.

Classification des sols pour les travaux de terrassement

Les travaux de terrassements dépendent directement de la nature du sol, ils existent différentes classifications des sols.
Ces classifications sont basées sur : la granulométrie, les caractéristiques physiques (teneur en eau, limites d'Atterberg), le comportement mécanique (résistance au cisaillement, contrainte de préconsolidation). Parmi ces classifications, on cite :

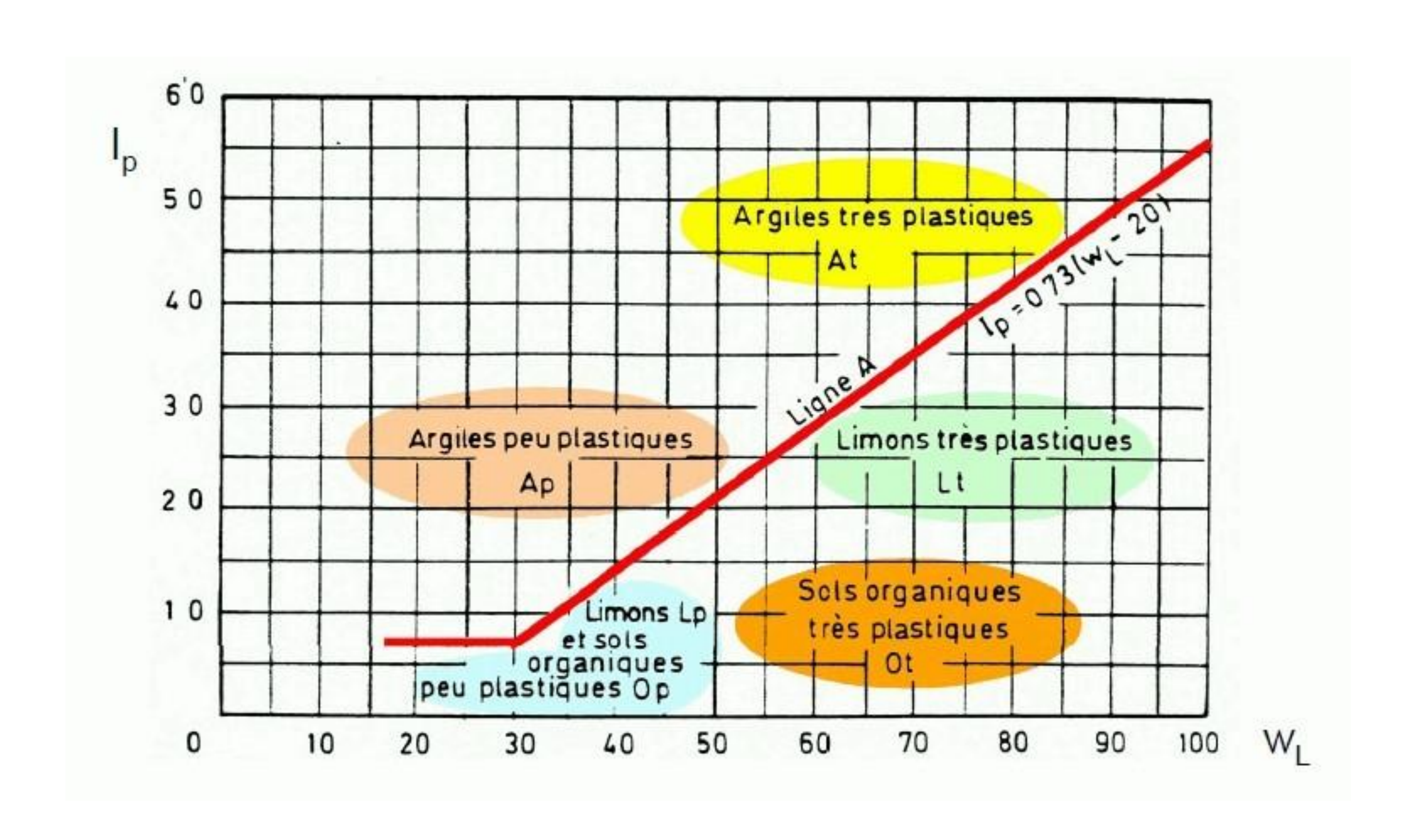
-LCPC : classification du Laboratoire Centrale des Ponts et Chaussées. Elle est très utilisée dans les travaux publics. Ce classement prend en compte la granulométrie et la plasticité du sol. Il distingue trois grandes familles de sol : les sols grenus, les sols fins et les sols organiques.
Cette classification est très utilisée pour le remblaiement et le compactage des sols.
- Norme NF P-11 300 : Exécution des travaux de terrassement
- DTU 12 (document retiré).



Diamètre des grains décroissant

SOLS GRENUS				
Définitions	**Conditions**			**Appellations**
+ de 50 % des éléments de dimensions ≥ 0.08 mm **Sols grenus**	+ de 50 % des éléments de dimensions ≥ 0.08 mm sont retenus au tamis de 2 mm **GRAVE**	- de 5 % des éléments < 0.08 mm et examiner la courbe granulométrique (1)	Cu > 4 et 1 < Cc < 3	Grave bien graduée (Gb)
			Cu < 4 ou Cc > 3 ou Cc < 1	Grave mal graduée (Gm)
		+ de 12 % des éléments < 0.08 mm et faire les limites d'Atterberg, déterminer ωl et ωp et situer le point Ip,ωl (1)	Point situé au-dessous de la ligne A du diagramme de plasticité	Grave limoneuse (GL)
			Point situé au-dessus de la ligne A du diagramme de plasticité	Grave argileuse (GA)
	+ de 50 % des éléments de dimensions ≥ 0.08 mm passent au tamis de 2 mm **SABLE**	- de 5 % des éléments < 0.08 mm et examiner la courbe granulométrique (1)	Cu > 6 et 1 < Cc < 3	Sable bien gradué (Sb)
			Cu < 6 ou Cc < 1 ou Cc > 3	Sable mal gradué (Sm)
		+ de 12 % des éléments < 0.08 mm et faire les limites d'Atterberg, déterminer ωl et ωp et situer le point Ip,ωl (1)	Point situé au-dessous de la ligne A du diagramme de plasticité	Sable limoneux (SL)
			Point situé au-dessus de la ligne A du diagramme de plasticité	Sable argileux (SA)
(1) entre 5 et 12 % d'éléments < à 0.08 mm : cas limite nécessitant le double symbole adapté aux caractéristiques de la courbe granulométrique et de plasticité				

MO(2) ≤ 10 % et + de 50 % des éléments de dimensions < 0,08 mm **Sols fins**	MO ≤ 3 % **Argile (A)** ou **Limon (L)**	Faire les limites d'Atterberg, déterminer W_L et W_P et situer le point I_P-W_L dans le diagramme de plasticité	Point situé au-dessous de la ligne A du diagramme de plasticité et $W_L < 50$	Limon peu plastique (Lp)
			Point situé au-dessous de la ligne A du diagramme de plasticité et $W_L > 50$	Limon très plastique (Lt)
			Point situé au-dessus de la ligne A du diagramme de plasticité et $W_L < 50$	Argile peu plastique (Ap)
			Point situé au-dessus de la ligne A du diagramme de plasticité et $W_L > 50$	Argile très plastique (At)
	3 % < MO ≤ 10 % **Sol faiblement organique (fo)**	Faire les limites d'Atterberg, déterminer W_L et W_P et situer le point I_P-W_L dans le diagramme de plasticité	Point situé au-dessous de la ligne A du diagramme de plasticité et $W_L < 50$	Sol faiblement organique limoneux peu plastique (fo Lp)
			Point situé au-dessous de la ligne A du diagramme de plasticité et $W_L > 50$	Sol faiblement organique limoneux très plastique (fo-Lt)
			Point situé au-dessus de la ligne A du diagramme de plasticité et $W_L < 50$	Sol faiblement organique argileux peu plastique (fo-Ap)
			Point situé au-dessus de la ligne A du diagramme de plasticité et $W_L > 50$	Sol faiblement organique argileux très plastique (fo-At)



I_p
60
50
40
30
20
10
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
W_L
Argiles très plastiques
At
$I_p = 0.73(w_L - 20)$
Ligne A
Argiles peu plastiques
Ap
Limons très plastiques
Lt
Limons Lp
et sols
organiques
peu plastiques Op
Sols organiques
très plastiques
Ot

Les travaux de terrassements comprennent :

-les travaux préparatoires,
- l'extraction du sol,
- le transport des matériaux extraits,
- l'évacuation des déblais ou la constitution des remblais.

-Le décapage : fouille de faible profondeur (h<30cm) sur l'emplacement de la future construction, afin d'enlever la terre végétale.
Cette terre est généralement mise en dépôt dans un emplacement spécifié du terrain en vue d'une réutilisation en fin de chantier pour modeler les espaces verts de la construction.

-L'implantation : Cette opération consiste à matérialiser sur le terrain l'ensemble des tracés géométriques tels que :
- les terrassements à entreprendre (déblais),
- délimitation des rigoles,
- Passage des éléments de fondations,
- Passages des canalisations et des regards,
- Tracé des murs des façades et des pignons.

La réalisation de l'implantation passe par un ensemble d'opérations préparatoires dont on cite :

-Le piquetage : Cette opération vise à matérialiser au moins deux axes hortogonaux, situés en dehors de l'emprise du projet, qui serviront de base pour tracer un ensemble de lignes directrices secondaires situées à l'intérieur de l'emprise du bâtiment.

-Le nivellement : Cette opération consiste à repérer les différents niveaux en vue de procéder aux travaux de l'exécution des fouilles.

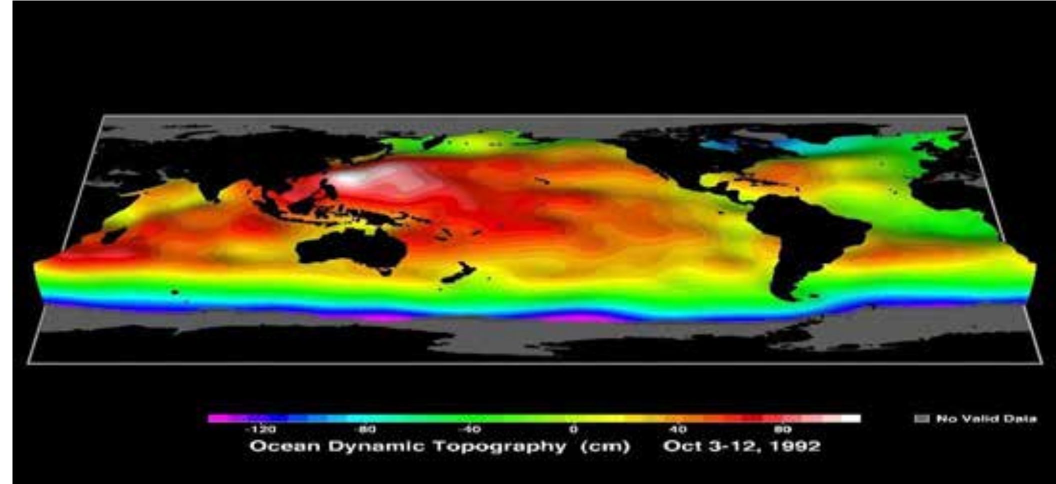




La Géodésie : c'est la science qui sert à déterminer la forme de la terre et mesure ses dimensions.
La représentation de la terre sur une surface plane nécessite des transformations dues aux courbures du géoïde.

La projection : La projection d'un point du géoïde sur un plan est le pied de la perpendiculaire abaissée de ce point sur le plan. La côte d'un plan est déterminée par rapport à la côte du niveau moyen de la mer prise au marégraphe de La Goulette.

Les systèmes de projection : consistent à projeter différents points de la surface de la terre sur des surfaces développables (plans, cylindres, cônes).

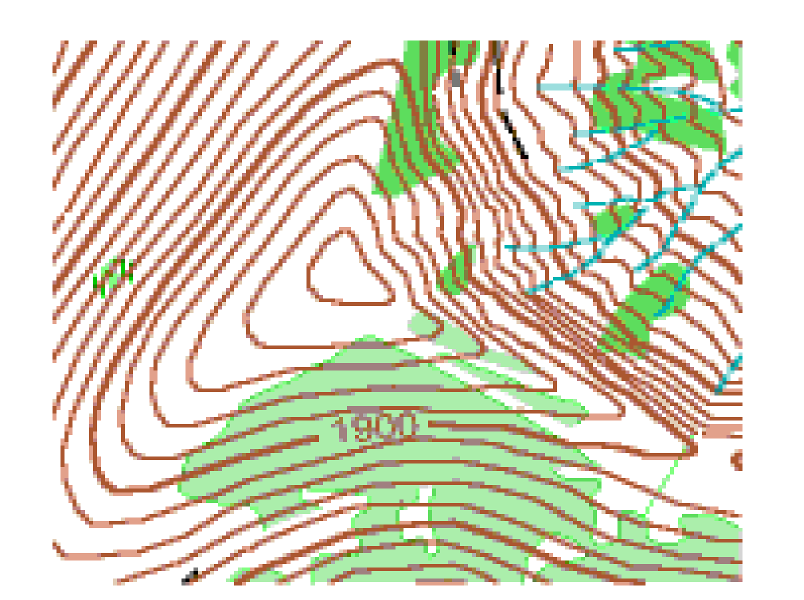


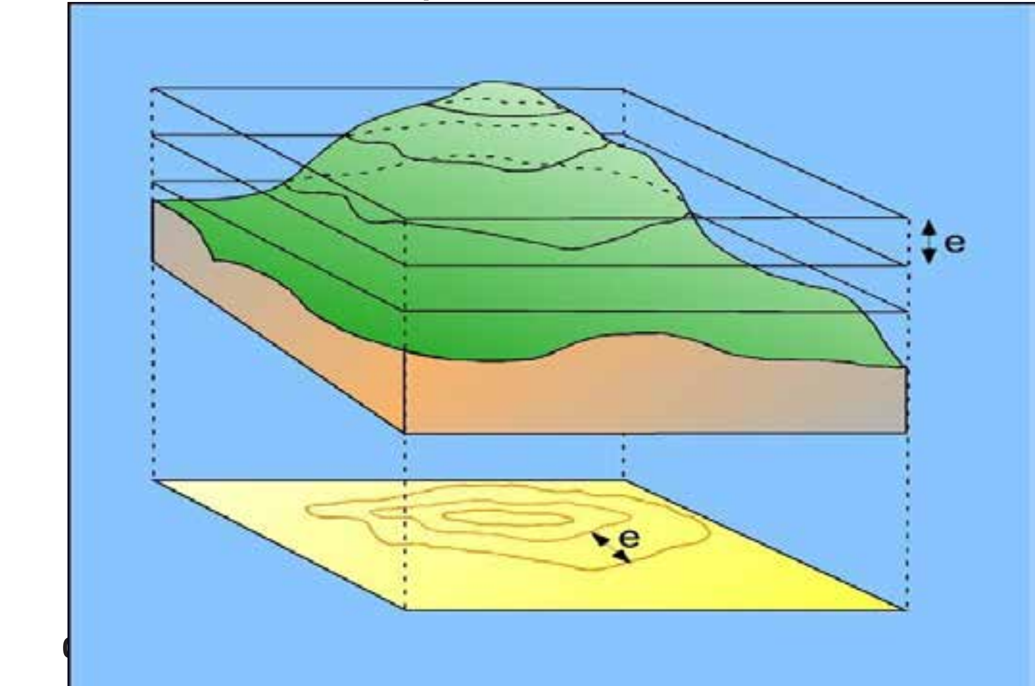
La topographie : consiste dans la représentation graphique d'un terrain avec son relief sur un plan, une fois les déformations géodésiques récompensées. Cette représentation est composée en une :

-planimétrie : représentation en plan des objets de terrain.

-altimétrie : représentation des altitudes des points par l'établissement des courbes de niveau.

On appelle *courbe de niveau*, l'intersection d'un plan horizontal avec le terrain. Ces plans dont placées à des côtes définies et sont équidistants les uns des autres.





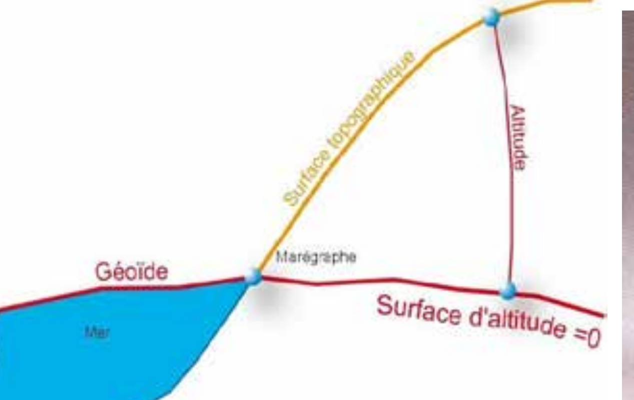
Le nivellement :

Il correspond à l'opération de détermination des altitudes de points, et les dénivelées à l'aide d'un « niveau ».

Le niveau est constitué :

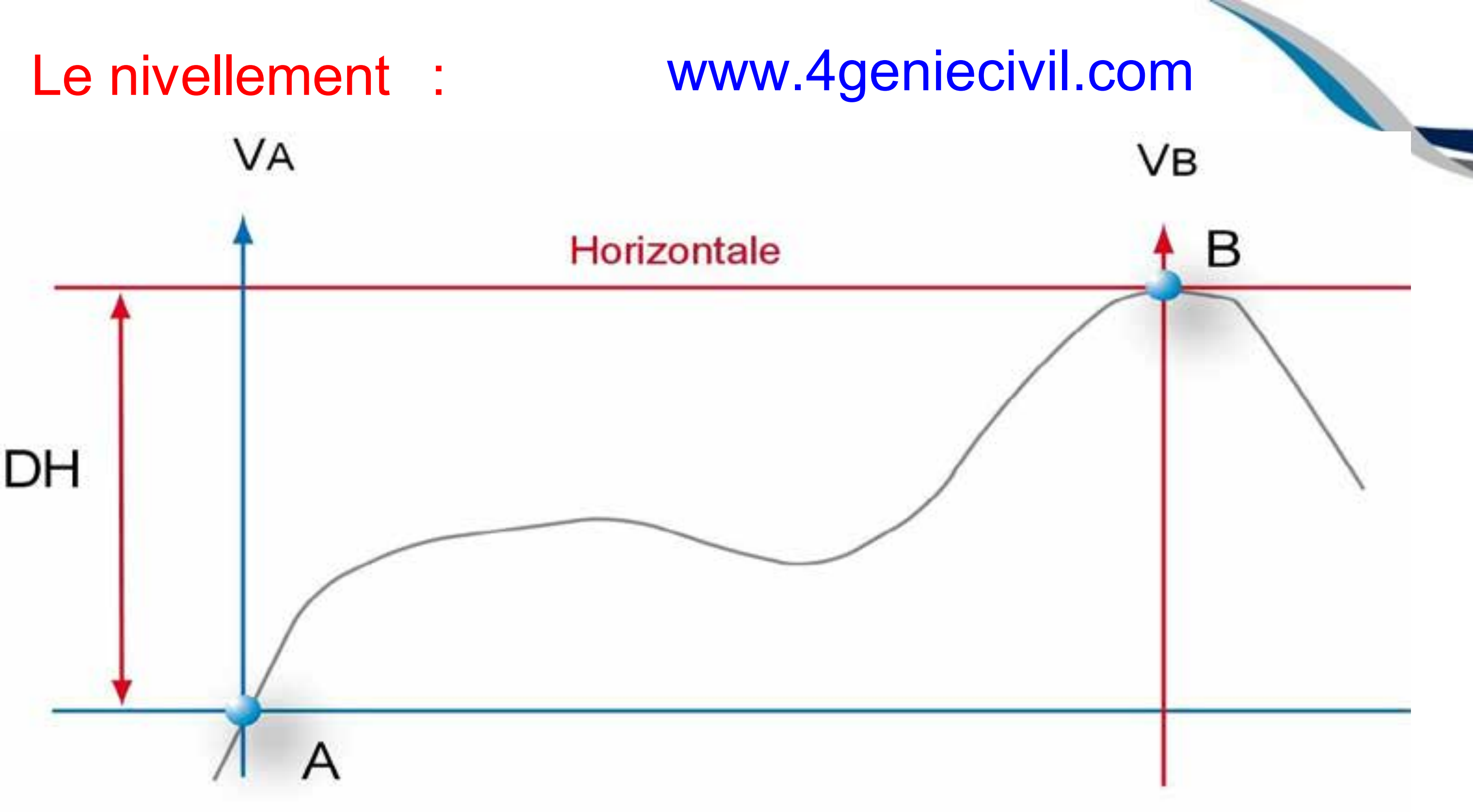
-d'une embase : c'est la pièce fixée sur le trépied et supportant la lunette. Elle possède trois vis de calage permettant au moyen d'une nivelle sphérique de vérifier l'horizontalité du niveau.

-d'une lunette : elle pivote au dessus de l'embase, et permet de déterminer la trace d'un plan horizontal.

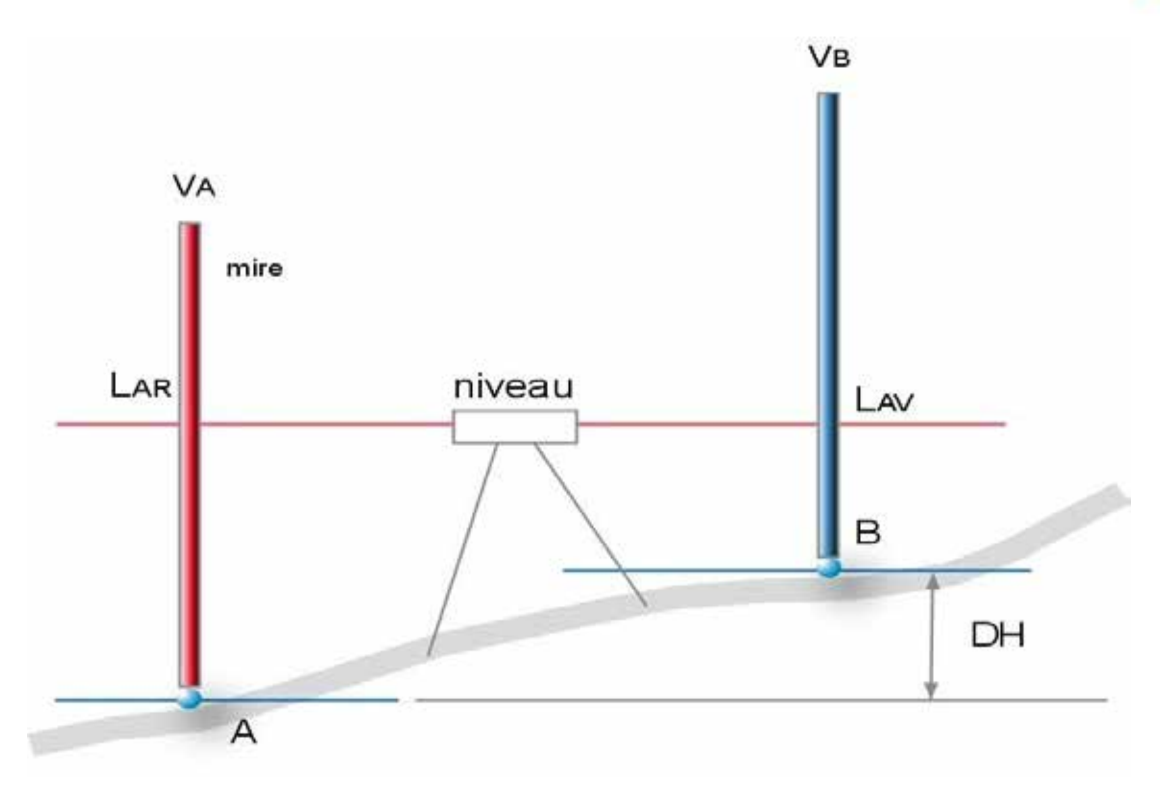








On note ΔH la dénivelée entre A et B. Le nivellement direct ou le nivellement géométrique consiste à mesurer la différence d'altitudes à partir de visées horizontales.



On suppose que l'altitude de A connue, en notant LAR et LAV les lectures sur les deux mires, l'altitude du point B s'obtient comme suit :

ALTB = ALTA + LAR - LAV

Les fouilles :

Les fouilles dans le secteur du bâtiment sont destinées à :

-permettre la pose des canalisations ;

- permettre la réalisation des fondations ;

-permettre le dégagement du volume des sous-sols.

Suivant leur forme en plan, on distingue :

- les fouilles ponctuelles en puits.
- les fouilles linéaires en rigole : peu profondes et larges (h□ 1m et l□ 2m) ;

-les fouilles linéaires en tranchées : plus hautes que larges, parfois très profondes.

-les fouilles en excavation ou en pleine



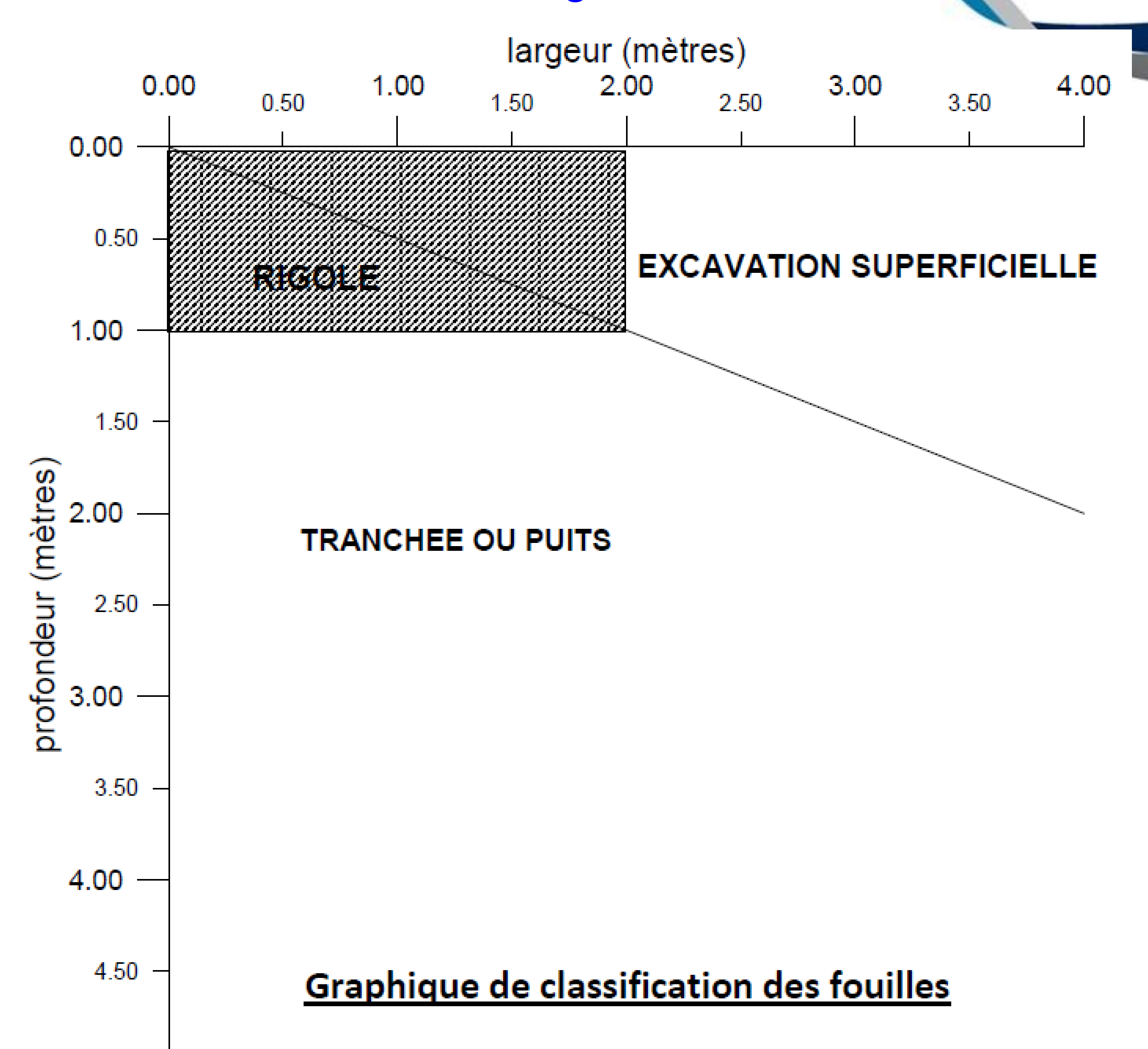


Les fouilles :





Les fouilles :



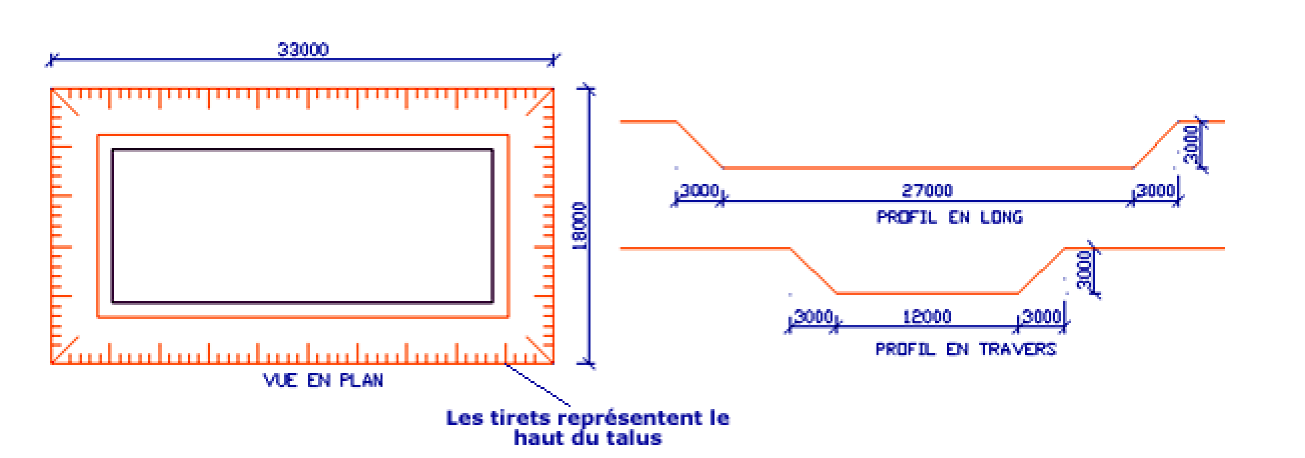
Graphique de classification des fouilles

L'exécution des fouilles : www.4geniecivil.com

Il est tout d'abord primordial de déterminer le volume des terres à excaver qui est étroitement liée à la forme de terrassement.

Les fouilles ou encore excavation correspondent à l'opération d'extraire des terres (déblaiement).

L'exécution des fouilles de bâtiment pose différents problèmes tels que : choix du mode d'ouverture ; stabilité des parois verticales ; enlèvement des déblais ; difficultés inhérentes à la présence d'eau.





Le mode d'ouverture, Fouille talutée ou verticale :

En effet, lorsque l'on ouvre un sol à la verticale, la paroi est instable, et que à court terme, sous l'influence de plusieurs facteurs (pluie, vibrations, surcharge), elle s 'éboule et se stabilise alors sous un angle, variable selon la nature du sol.

Assurer l'équilibre d'une fouille s'obtient en respectant le talus naturel du sol, On parle alors d'une fouille talutée. Sinon, l'équilibre de la fouille sera assuré par un blindage des terres.

Nature terrain	sec	immergé
Rocher sain	90°	90°
Rocher fissuré	80°	80°
Terre végétale	45°	40°
Terre argileuse	40°	20°
Gravier gros sable	35°	30°
Sable fin	30°	20°

Les fouilles en pleine masse (talutées)

Le déblaiement est effectué directement dans le sol.
Elles s'obtiennent en réalisant, hors de l'emprise de la construction, des parois sous un angle inférieur à l'angle de talus naturel. Pou cela il faut :
-disposer au sol de la surface nécessaire.
-dégager, stocker pendant la durée du chantier, puis remettre en place ultérieurement le volume des terres correspondant au volume du talus.

Dans ce type de travaux, il n'est pas nécessaire de maintenir les parois, ceci dit avec l'exiguïté des chantiers urbains autorise rarement de telles fouilles.



Les fouilles verticales :

Ce type de fouilles, fréquent en agglomération, limite l'importance des déblais, Mais conduit à blinder les parois naturellement instable afin, d'une part, d'éviter qu'elles ne s'effondrent et, d'autre part, de ne pas affecter la stabilité des constructions voisines.



Les problèmes liés à la présence d'eau :

Il est nécessaire d'obtenir un fond de fouille sec pour permettre le traçage et l'exécution des fondations. Trois cas types peuvent être discutés selon le niveau de fond de fouille :

- La fouille est au dessus du niveau de la nappe :

Un aménagement de pentes du fond ainsi que la réalisation de quelques puisards, autorisent le drainage et l'évacuation par pompage, des faibles venues d'eau de surface.



Les problèmes liés à la présence d'eau :

-La fouille est au dessous du niveau de la nappe :
Dans ce cas, il devient indispensable d'abaisser le niveau de la nappe, provisoirement (durée des travaux) et localement (emprise de la fouille, par pompage :
-à l'extérieur de la fouille en effectuant un rabattement de la nappe. Selon la perméabilité du sol et la hauteur d'aspiration, on dispose un réseau périphériques de pointes filtrantes (tubes crépinés foncés dans le sol, reliés en tête à un collecteur équipé d'une pompe de surface), la hauteur d'aspiration est limitée à 7m.



Les problèmes liés à la présence d'eau :

-La fouille est au dessous du niveau de la nappe :

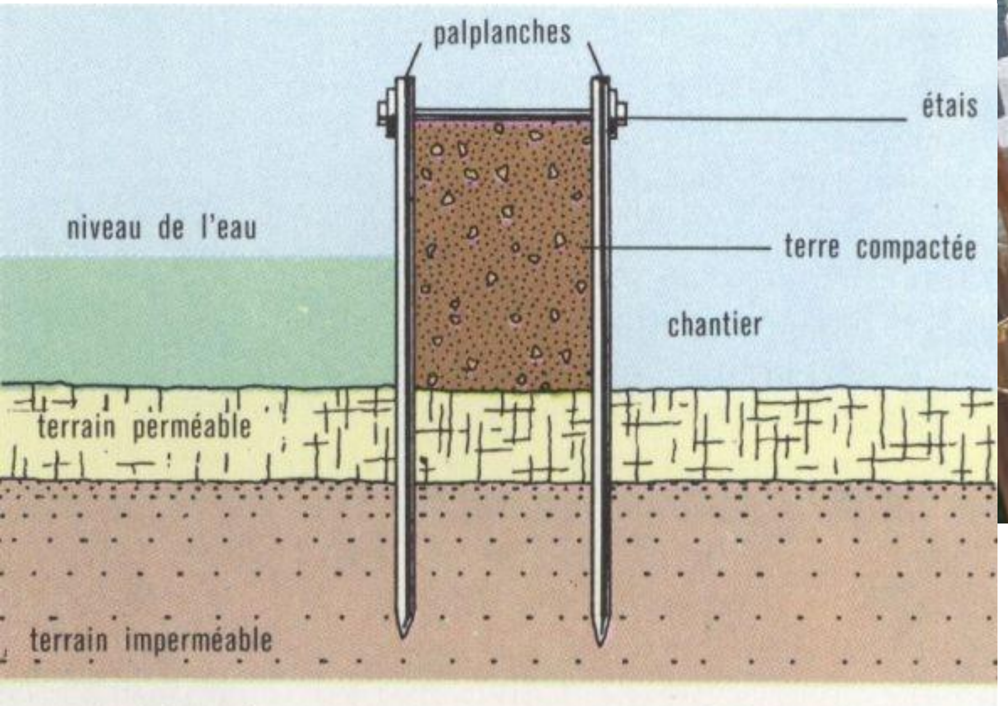
-à l'intérieur d'une enceinte étanche : réalisé par blindage, qui assure l'étanchéité latérale, le fond de fouille est également étanché. Ensuite, on reconstitue artificiellement, par injection d'un coulis spécial, un horizon étanche limité latéralement par l'enceinte, immédiatement sous le fond de fouille.



Les problèmes liés à la présence d'eau :

- La fouille est en pleine eau :

On réalise une enceinte ou batardeau en palplanches, qui pourra éventuellement servir de coffrage au radier ultérieur, dans lequel on peut bétonner sous l'eau depuis la surface.

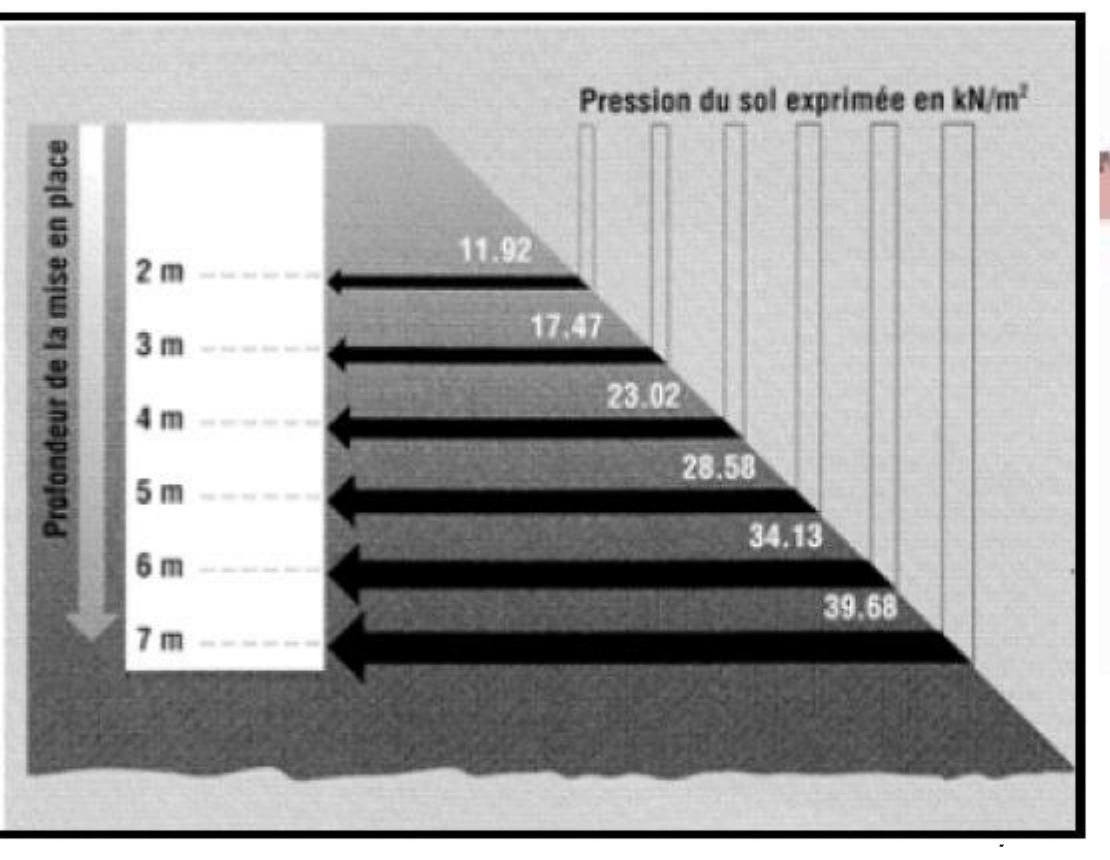


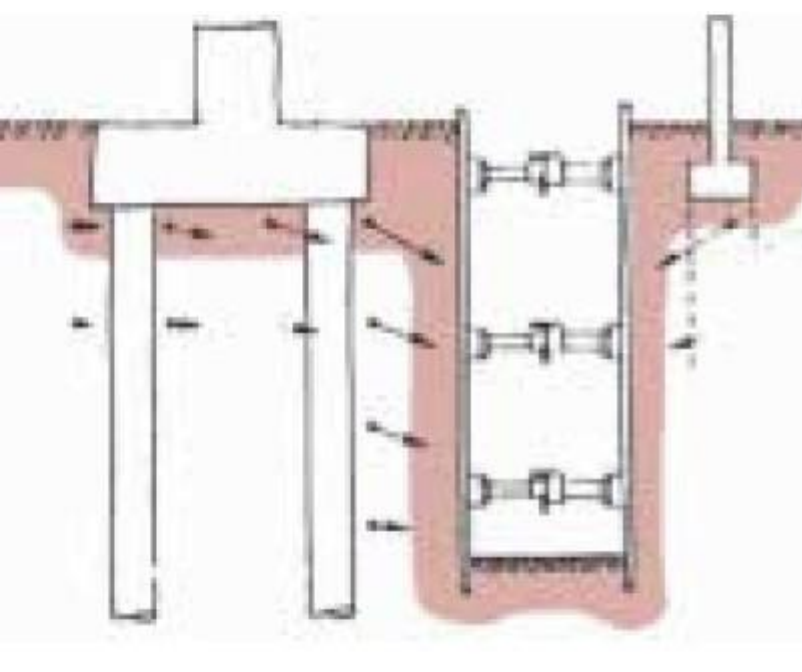
Bâtardeau constitué par un massif de terre compactée entre deux rideaux de palplanches.



Le blindage doit pouvoir être installé sans qu'il y ait risque d'éboulement pour les ouvriers. Il doit résister à la poussée des terres, en effet, il doit présenter une cage résistante aux efforts obliques.

Le choix de la technique de blindage est fonction de la nature du sol, et de la nature des travaux à exécuter.





Le matériel de blindage :

Le système le plus ancien consiste à utiliser des éléments jointifs en bois, de section convenable, renforcés par des entretoises (madriers, bastaings, grumes).

D'autres systèmes plus élaborés sont de plus en plus utilisés notamment pour l'exécution des tranchées tels que : plaques de blindage perdues, blindages cadres, blindages métalliques complets.



Le blindage de fouilles en tranchées :

Le blindage coulissant à double glissière :

Ce système de blindage est conçu pour le tranchées profondes en terrain difficile.

Les éléments de blindage : Il est constitué par
- un système de contreventement comprenant deux poteaux et un traîneaux mobile.

LONGUEUR	[en m]	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7
POIDS	[en kg]	300	350	525	587	656	725	794	863	9

LONGUEUR	[en m]	3,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,
POIDS	[en kg]	750	950	1060	1160	1280	1700	18

Le blindage coulissant à double glissière :

- Des panneaux : qui s'insèrent au fur et à mesure dans le système d'encastrement. Ils ont une longueur allant de 2 à 5,5m ; et une hauteur allant de 1,4 à 2,4m. Et, l'épaisseur du panneau est égale à 100mm.



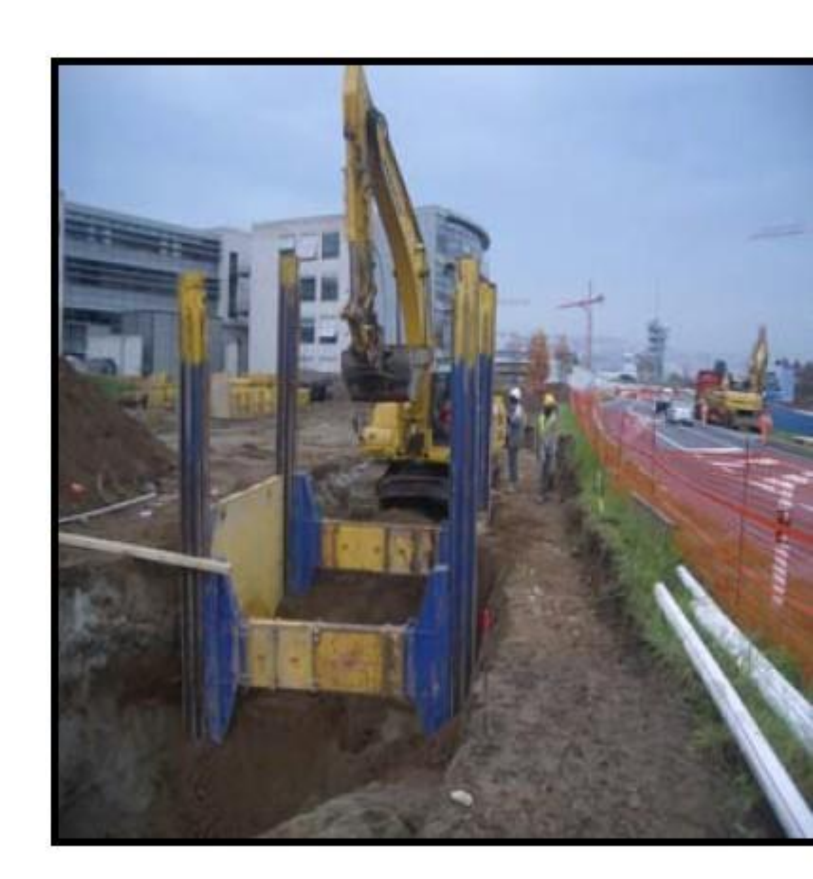
Coulissez le 2ème panneau



Mesure de l'écartement des panneaux

Le blindage coulissant à double glissière :

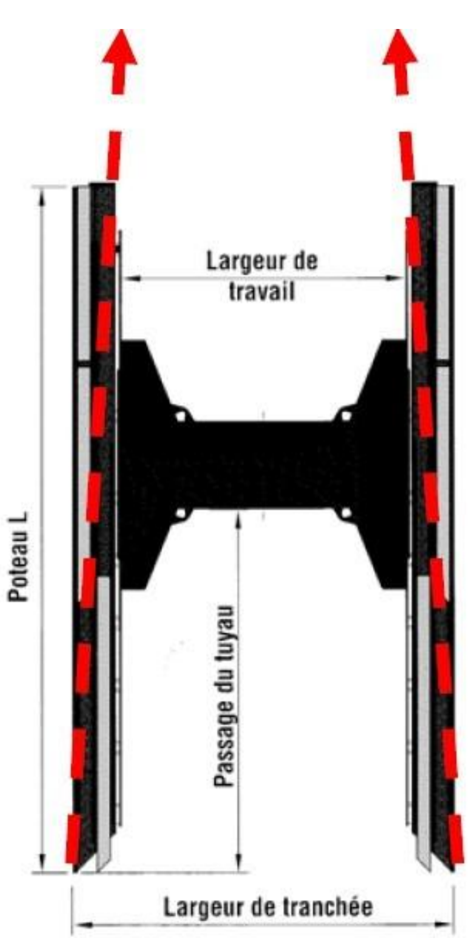




Le blindage de fouilles en tranchées :

Le blindage coulissant à double glissière :





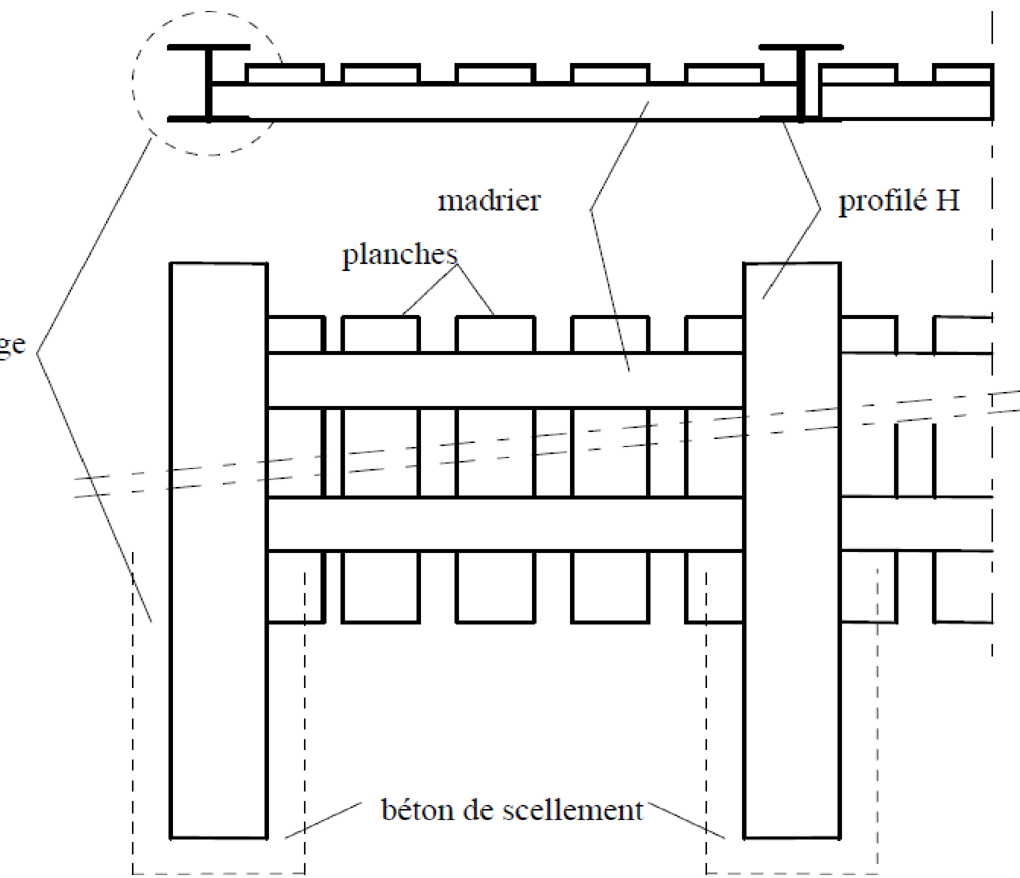


Les fouilles blindées :

La paroi Belinoise :

Le blindage est assuré par des profils métalliques enfoncés dans le sol tout le long de la périphérie de la fouille envisagée.

Tout en déblayant par tranches horizontales (de un à quelques mètres), des planches en bois seront glissées dans les rails des profilés métalliques et la paroi est ainsi constituée. Cette technique a l'avantage de ne pas nécessiter beaucoup d'espace.



Les fouilles blindées :
La paroi Parisienne :

Ce type de paroi est réalisé en béton armé, et elle constitue en elle même une paroi périphérique de l'ouvrage. L'ossature est réalisée par des poteaux en béton armé qui seront enfoncés dans le sol ou réalisés par forage.
Tout en déblayant par tranches horizontales, un coffrage est mis en place et une paroi en béton armé est coulée.
Le bétonnage peut aussi se faire par béton projeté.
Cette technique présente l'avantage de réaliser un parement à l'ouvrage en même temps que le terrassement.



Les fouilles blindées :

La paroi moulée :

C'est une paroi en béton armé exécutée dans une tranchée profonde (jusqu'à 60m et plus) et étroite (de 50 à 2m d'épaisseur). Avant bétonnage, le bétonnage de la tranchée est assurée par une boue de forage appelée bentonite.

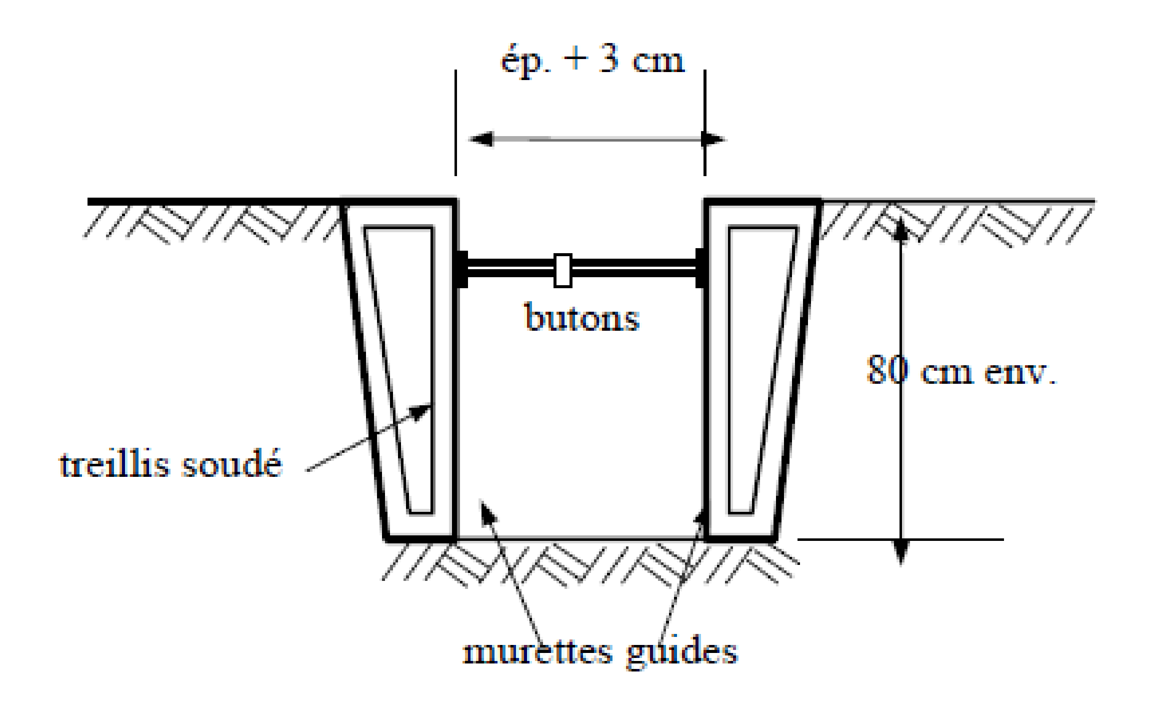




Les fouilles blindées : www.4geniecivil.com
Mise en œuvre de la paroi moulée :

-**Implantation de la tranchée.**

-**Réalisation des murettes guides** qui ont une profondeur de 80 cm à 1,20m de profondeur, dont les fonctions sont de guider la benne de forage et de maintenir les parois en tête de l'excavation. Après le décoffrage, elles sont butonnées tous les 2 à 4m pour éviter le basculement des parois dans la fouilles suite aux pressions des terres.





Les fouilles blindées : www.4geniecivil.com

Mise en œuvre de la paroi moulée :

- **Le Forage** : Il est réalisé à l'aide d'une benne lourde à câble.



Les fouilles blindées :

Mise en œuvre de la paroi moulée :

- Simultanément avec le forage, une boue de forage « bentonite » est injectée pour maintenir les parois de forage. Cette boue est constituée par la suspension dans l'eau d'une argile (75 à 100kg/m³ d'eau).

Le rôle de la bentonite est de s'opposer à la poussée hydrostatique et d'empêcher l'infiltration de l'eau en formant une mince pellicule d'argile sur les parois de la tranchée.



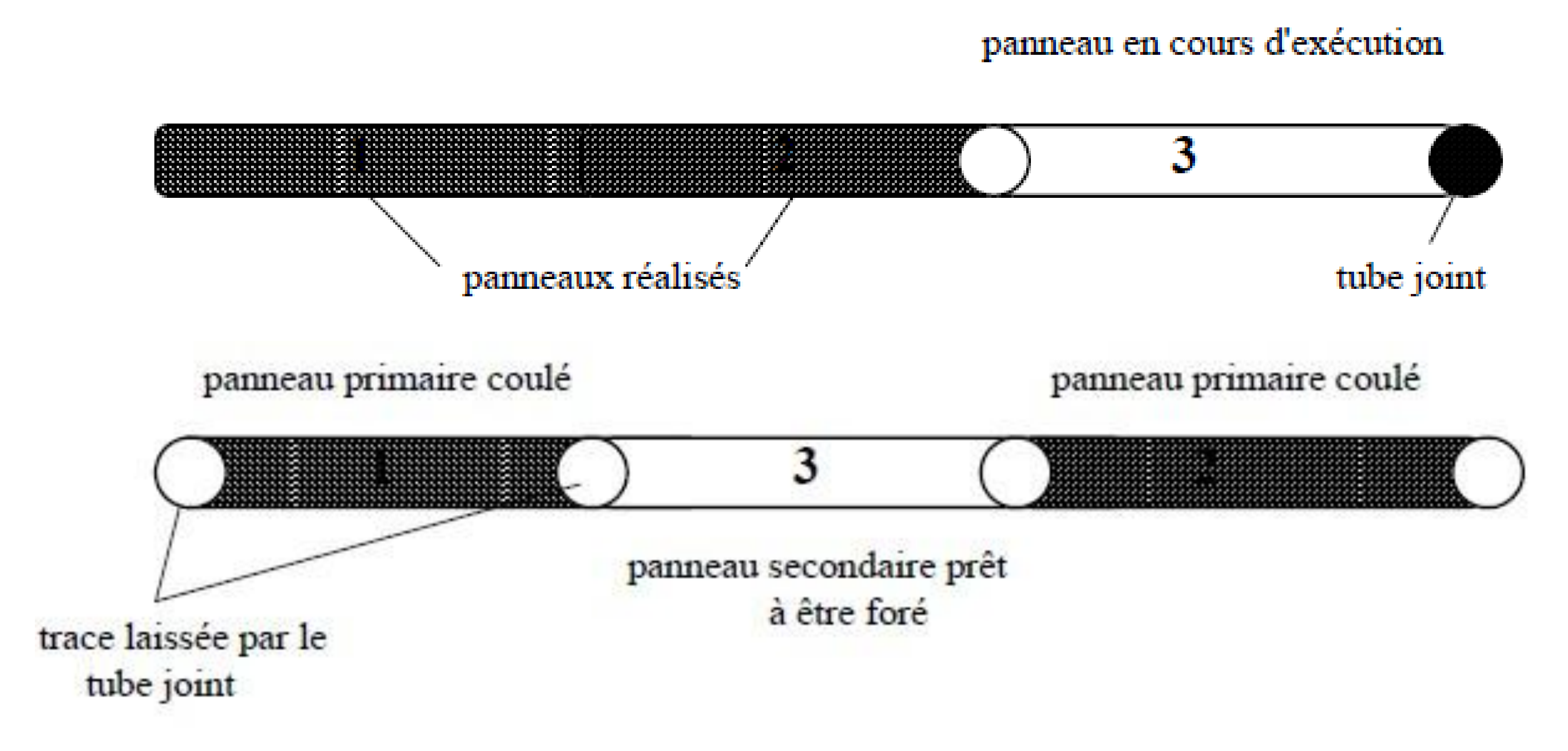


Les fouilles blindées :

www.4geniecivil.com

Mise en œuvre de la paroi moulée :

- Le forage se fait par panneaux de longueur limitée, en tenant compte de la cohésion du sol en place et des contraintes extérieures au voisinage de la paroi (mur mitoyen, surcharges). Les panneaux sont réalisés soit d'une manière continue soit par panneaux alternés.



Les fouilles blindées : www.4geniecivil.com

Mise en œuvre de la paroi moulée :

- Le ferraillage : Les cages d'armatures sont descendues dans la boue. L'épaisseur d'enrobage est garantie par des cales en béton.

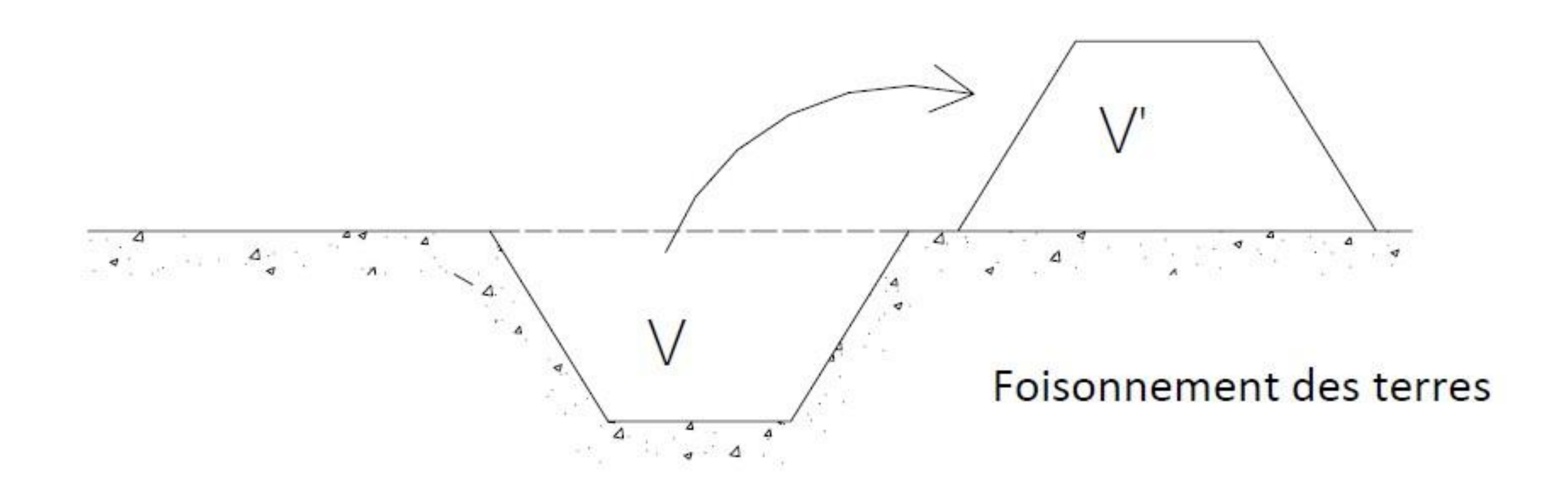




- Le bétonnage se fait à l'aide d'un tube plongeur qu'on fait descendre au fond du forage. Le tube plongeur doit rester en permanence dans la masse de béton et être immergé d'au moins deux mètres. Durant le bétonnage, le béton, ayant une plus grande densité, chasse la boue de forage vers le haut du panneau. Cette dernière est pompée et envoyée vers la station de désablage pour la recycler ou vers un autre panneau en cours de forage.

Le foisonnement des terres :

Suite à la variation de l'indice des vides du sol en l'extrayant de son emplacement, le volume des terres prélevées est toujours supérieure au volume des fouilles exécutées. Ce phénomène est communément appelé le Foisonnement des terres.

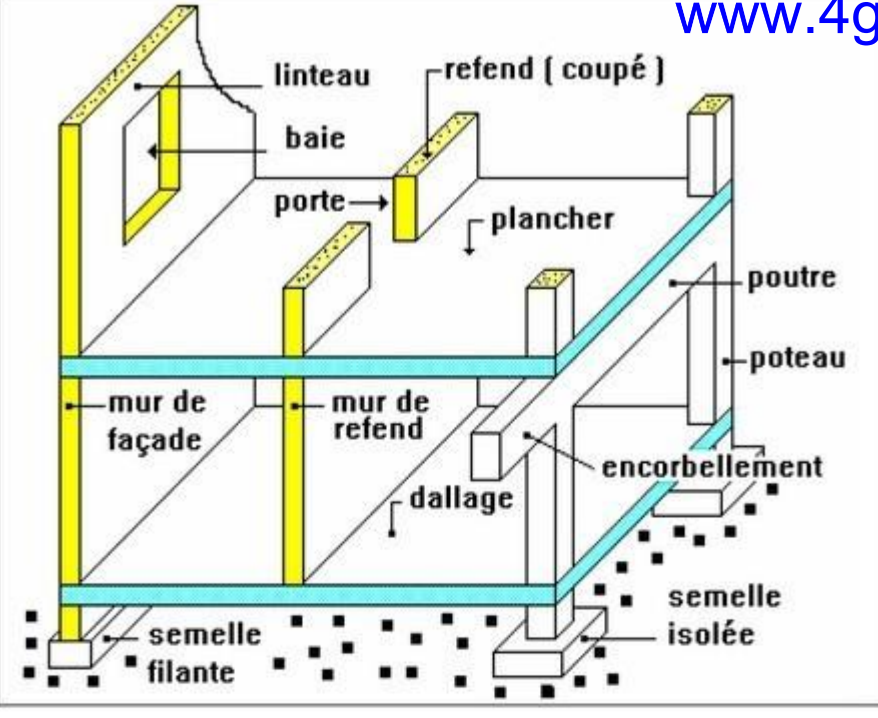


Ainsi, le volume des terres déchargées V' est supérieur au volume de la fouille.

La connaissance des foisonnement des terres est nécessaire pour :

- déterminer la capacité des véhicules de transport des déblais
- effectuer la mise en dépôt dans les décharges publiques.

Chapitre 4 :
Les Fondations

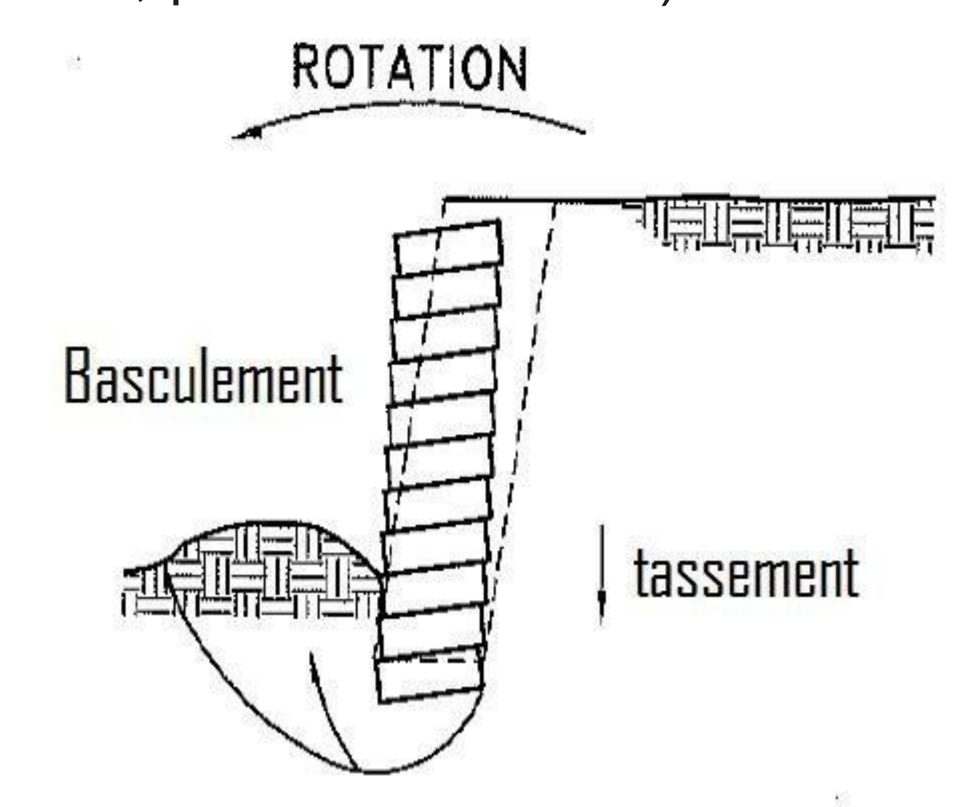

linteau
refend (coupé)
baie
porte
plancher
poutre
poteau
mur de façade
mur de refend
encorbellement
dallage
semelle isolée
semelle filante





Introduction :

Dans un ouvrage de Génie Civil, une fondation a pour rôle de transmettre les charges provenant de la structure à la couche d'assise. Elles doivent aussi assurer l'équilibre de l'ouvrage (pas de basculement, glissement horizontal, pas d'enfoncement).



Les actions que la fondation transmet au sol, lui sont transmises par des éléments porteurs verticaux (voiles, poteaux, murs en pierre...) dont la forme influera sur celle de la fondation et en réponse à ces actions transmises, la fondation subira la réaction du sol.



Pour assurer la stabilité de la structure,il faut donc déterminer judicieusement :

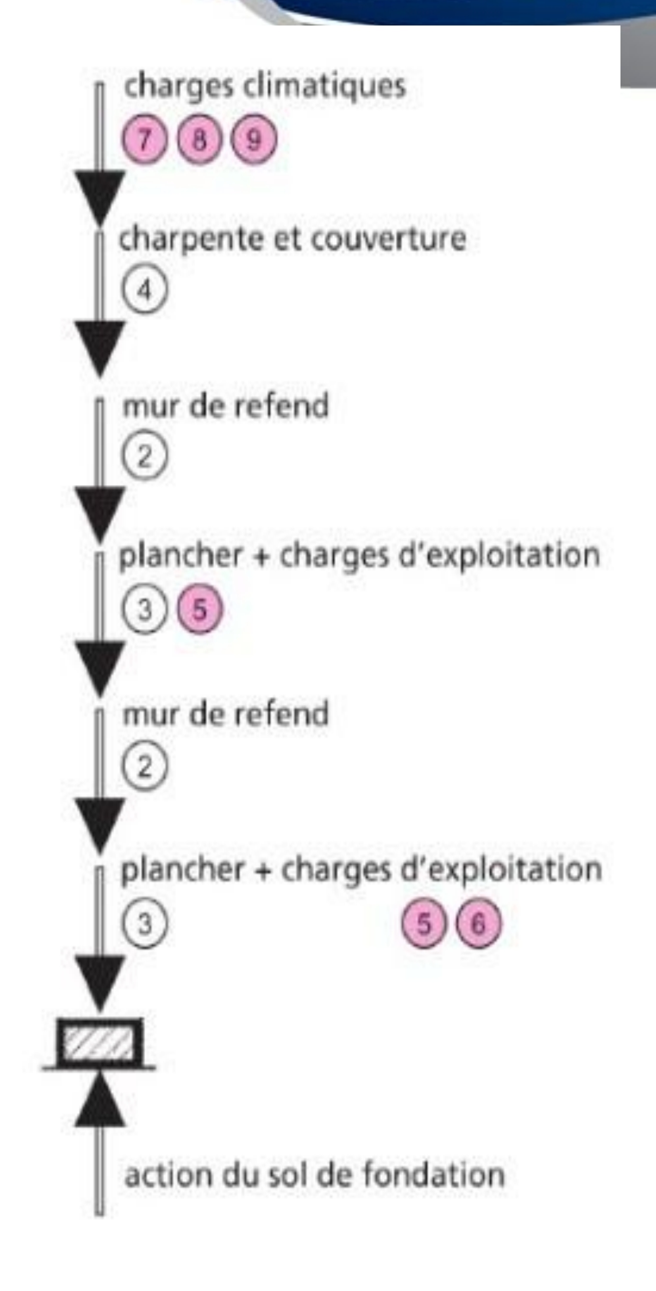
- la capacité portante de la couche de sol sur laquelle va reposer la fondation, donc la contrainte maximale que peut supporter cette couche sans que le sol ne rompe ou ne présente un tassement intolérable.

Type de terrain	*portance*	*pression admissible*
Roche:	*très bonne portance*	*0,7 - 5 N/mm²*
Gravier et sable:	*très bonne portance*	*0,4 N/mm²*
Sable grossier:	*bonne portance*	*0,3 N/mm²*
Sable fin:	*portance modérée*	*0,2 N/mm²*
Terrain dur (marne, glaise compacte):	*très bonne portance*	*0,4 N/mm²*
Terrain semi dur (glaise sableuse):	*portance modérée*	*0,2 N/mm²*
Terrain tendre (argile aquifère, remblais):	*faible portance*	*0,03 - 0,1 N/mm²*

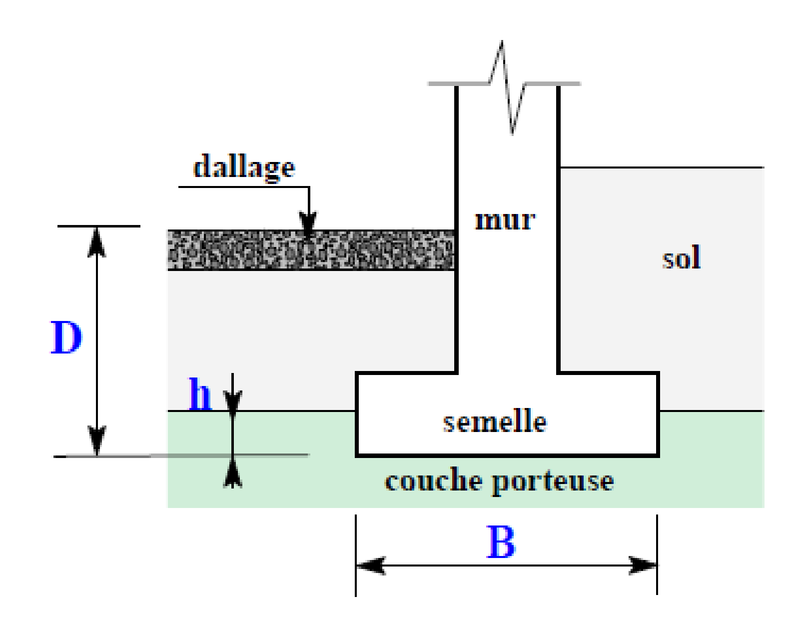
- les actions amenées par la structure au niveau de sol de fondation qui peuvent être des charges d'exploitation, des charges permanentes, et éventuellement des charges climatiques).

vent 7
versant sous le vent 8
neige 9
10

Charges permanentes : murs - plancher - charpente - couverture
Charges d'exploitation et actions climatiques :
– sur planchers : meubles - personnes - etc.
– sur parois extérieures : neige - vent - température

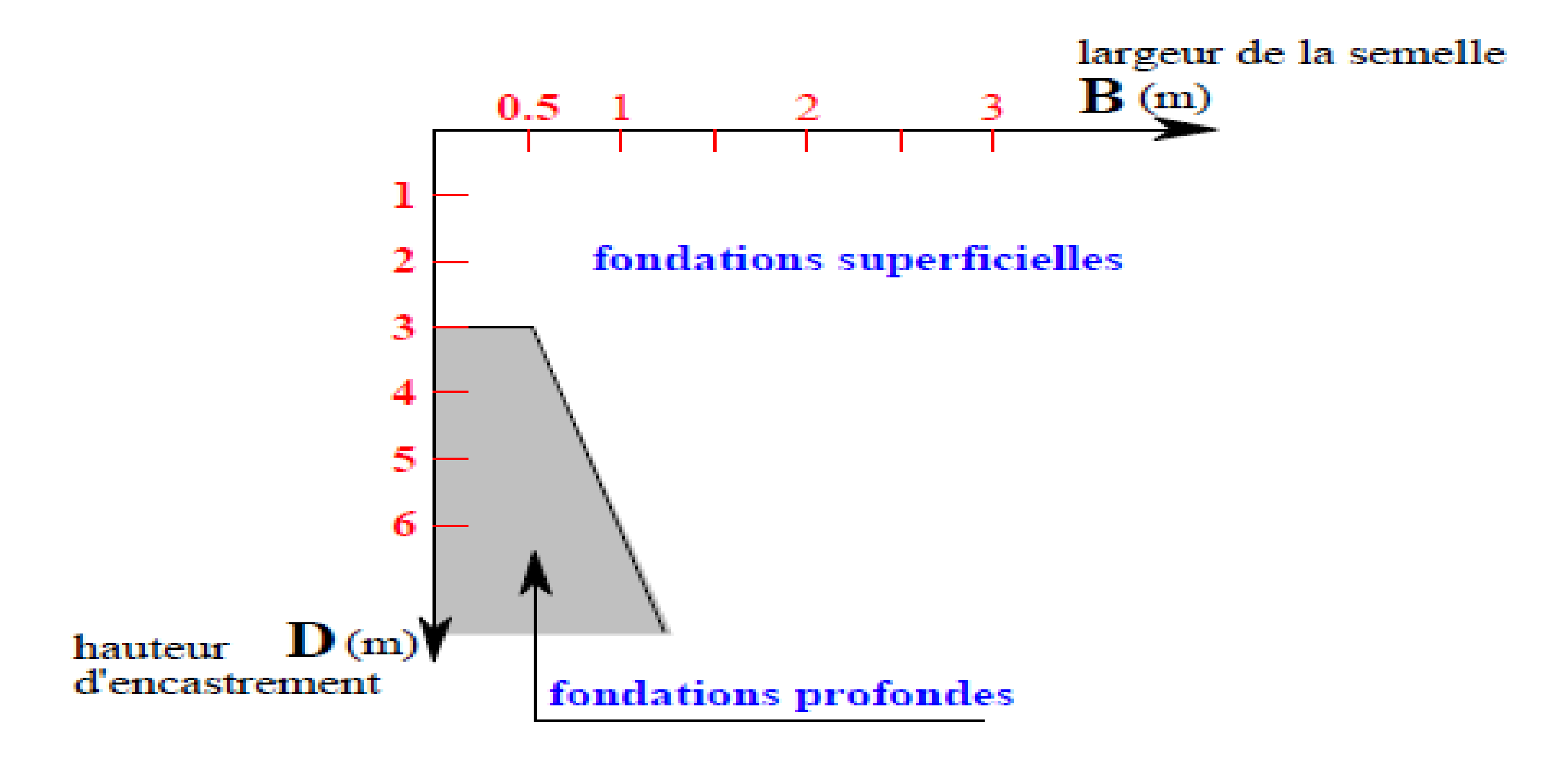


Une fondation est définie par :



L : la longueur de la fondation désignant son plus grand côté.
B : la largeur de la fondation désignant son plus petit côté.
D : la distance entre le dessous de la fondation et le niveau du sol fini.
h : hauteur d'ancrage de la fondation, correspondant à la profondeur d'encastrement de la semelle dans la couche d'assise (porteuse).

Les fondations peuvent aussi être définies par le rapport D/B. Les fondations sont dîtes superficielles tant que D/B < 6



Types de Fondations :

On distingue :

-Les fondations superficielles composées de :

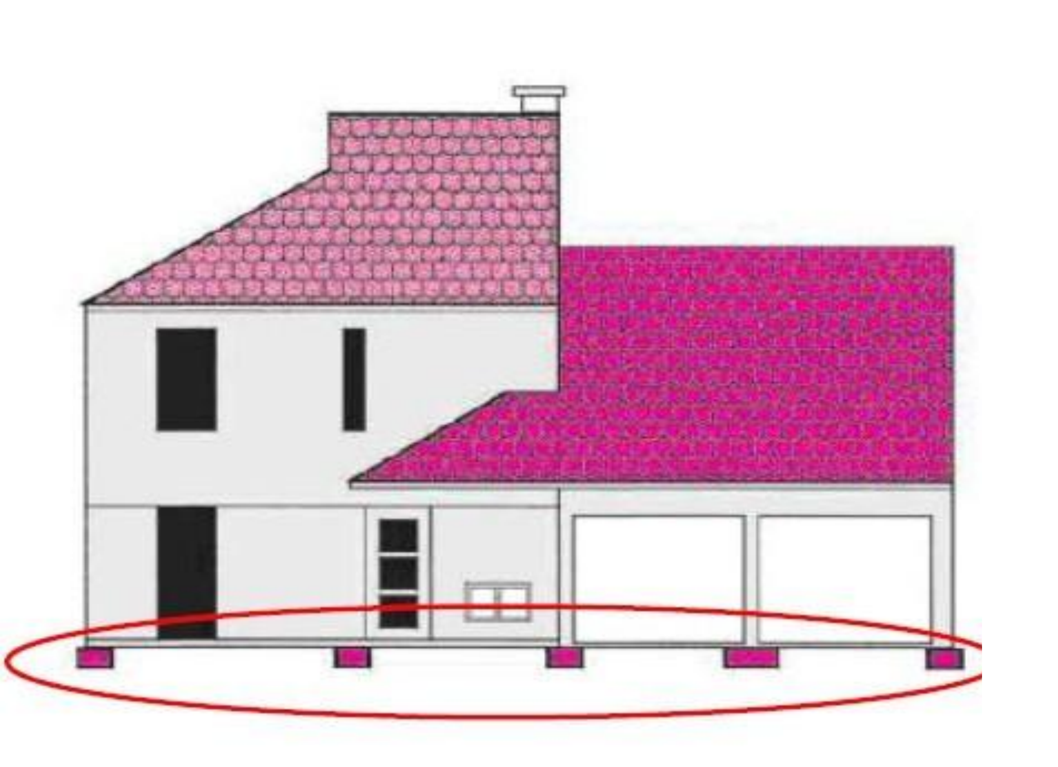
Les semelles continues sous mur,
Les semelles continues sous poteaux,
Les semelles isolées,
Les semelles excentrées,
Les radiers.

- Les fondations profondes : pieux.

- Les fondations spéciales tels que les parois moulées.

Les Fondations superficielles :

Les fondations sont dîtes superficielles lorsque celles ci sont *faiblement ancrées* dans le sol. Les contraintes qu'elles transmettent ne sollicitent que les couches superficielles et peu profondes. Les fondations superficielles travaillent essentiellement grâce à *la résistance du sol à la base.*





Les Fondations superficielles :

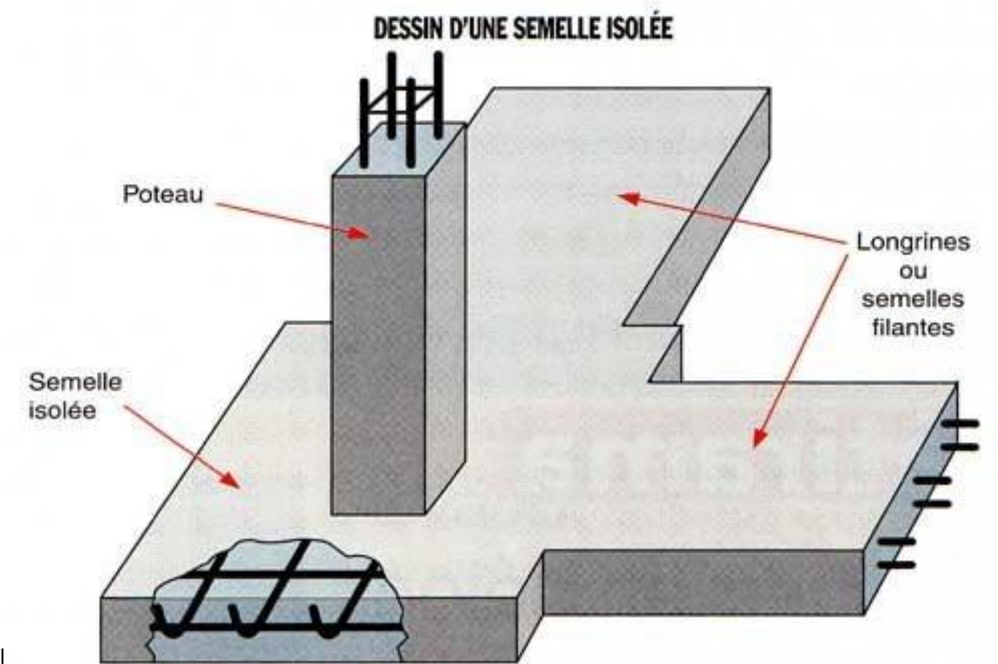
Selon la forme de la semelle, on définit :

B = 2R, si la semelle est circulaire,

B = L, si la semelle est carré,

B < L < 5B, si la semelle est rectangulaire,

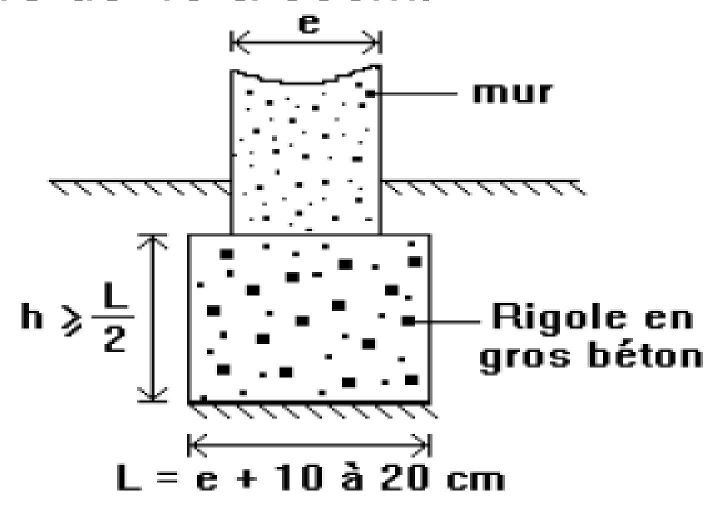
L > 5B, la semelle est alors dite continue ou filante.



Les Semelles sous murs, par rigoles :

Ces sont des fondations destinées à reprendre de faibles charges provenant d'ouvrages d'importances minimes (cas de simples maisons) et constitués de gros béton non ou faiblement armé.
Dans ces cas, le sol doit être relativement homogène avec une résistanc assez élevée.
Le béton de propreté est dosé à 150 kg/m³ de ciment.
Le gros béton est faiblement dosé (250 kg/m³), avec des granulats obten à partir de gros cailloux (béton cyclopéen) ; le béton est coulé à même la fouille, c'est à dire directement dans la fouille ne nécessitant pas de coffrage. La largeur de la fondation est alors de 40 à 60cm.



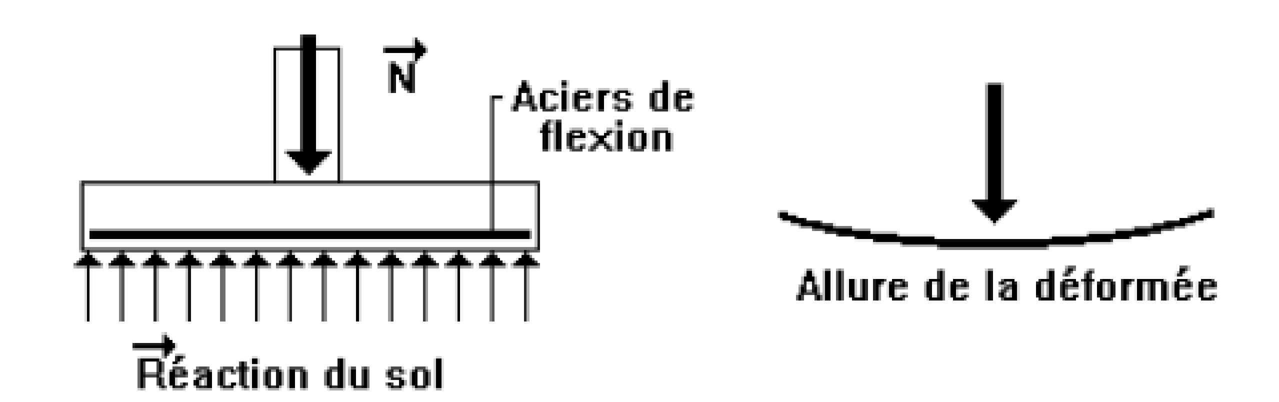


Les Semelles isolées sous murs, par rigoles :

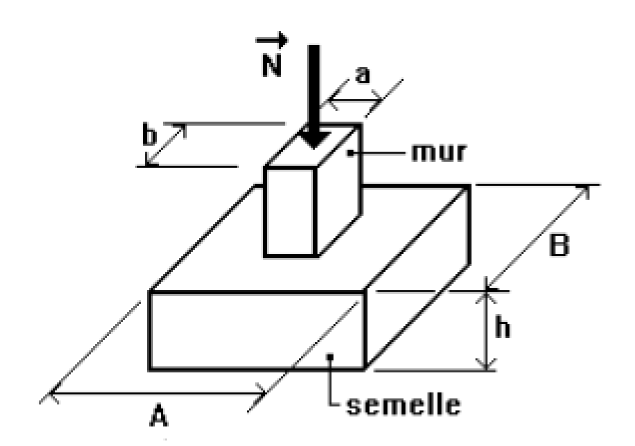


Les Semelles isolées sous poteaux

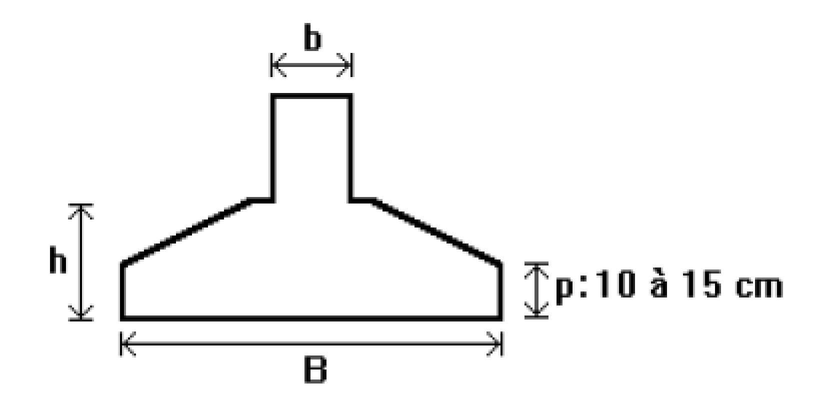
Sous poteaux, et si les couches supérieures du sol s'apprêtent bien, on place des semelles isolées en béton armé dont la base a généralement la forme du poteau (carré, rectangulaire, circulaire).
Ces semelles étant sollicitées en compression et en flexion, des armature y sont incorporées pour renforcer le béton contre la traction engendrée p la flexion.



Les Semelles isolées sous poteaux



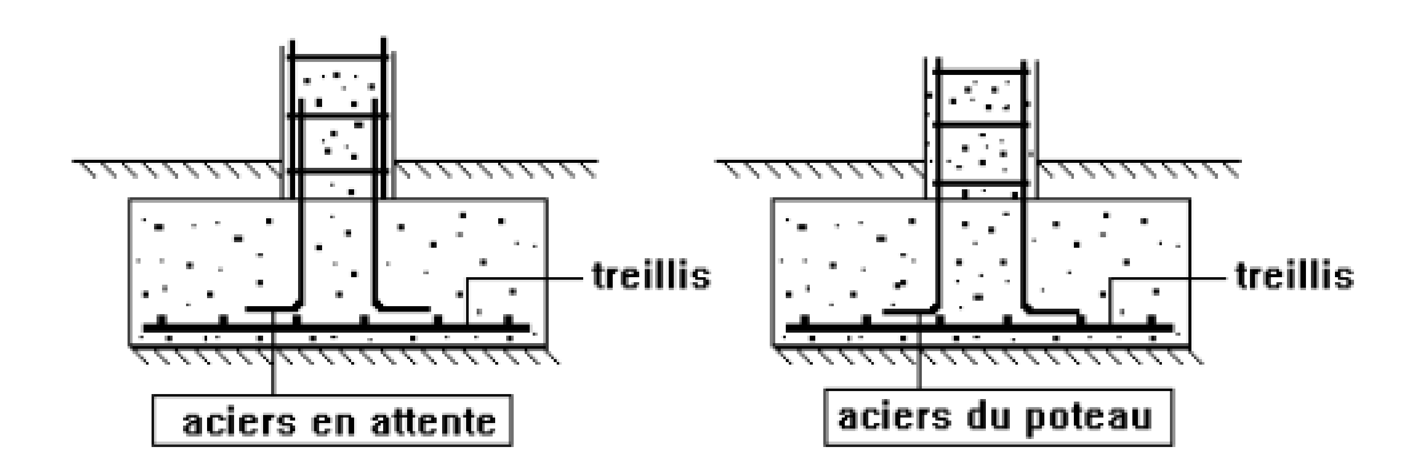
Si h est trop importante, on peut toujours adopter un profil décroissant de semelle, ce qui permet de réaliser des économies en béton.



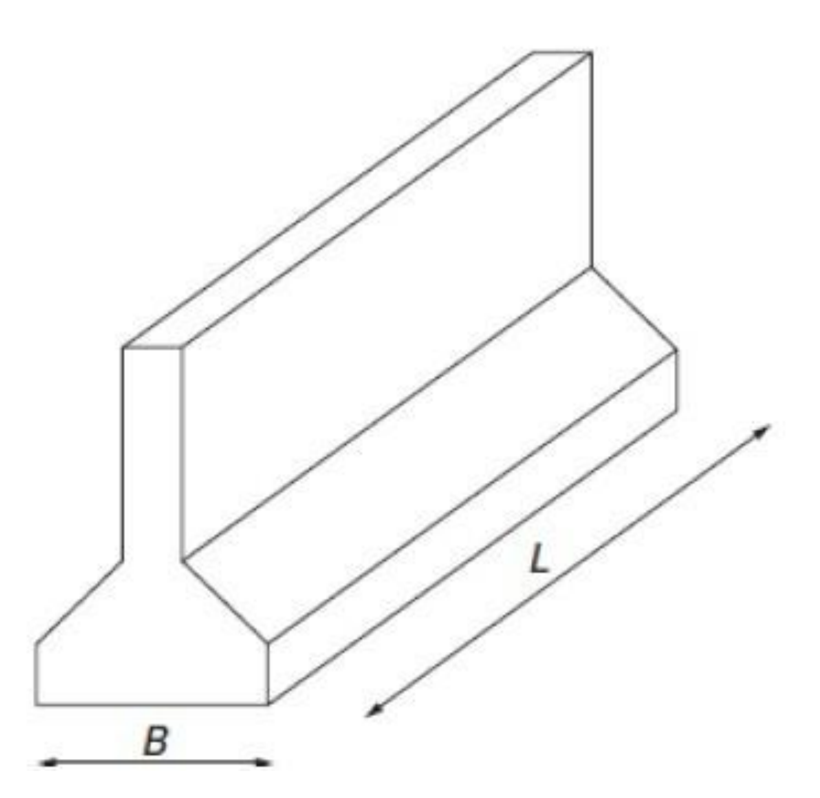
Les Semelles isolées sous poteaux

Pour assurer une bonne transmission des charges, les aciers du poteau doivent être solidaires de la semelle.

Pour cela, les armatures du poteau sont, soit posés au fond de la semell avant le coulage du béton de la fondation, soit liaisonnés avec des aciers en attente.



Les Semelles Filantes ou continues





Les Semelles Filantes ou continues

La semelle filante reçoit les charges issues de la superstructure au moye de porteurs ponctuels 'les poteaux' mais aussi par le biais de porteurs linéaires 'les voiles'.

Fondation par semelle continue
et armature filante renforcée

Sol naturel

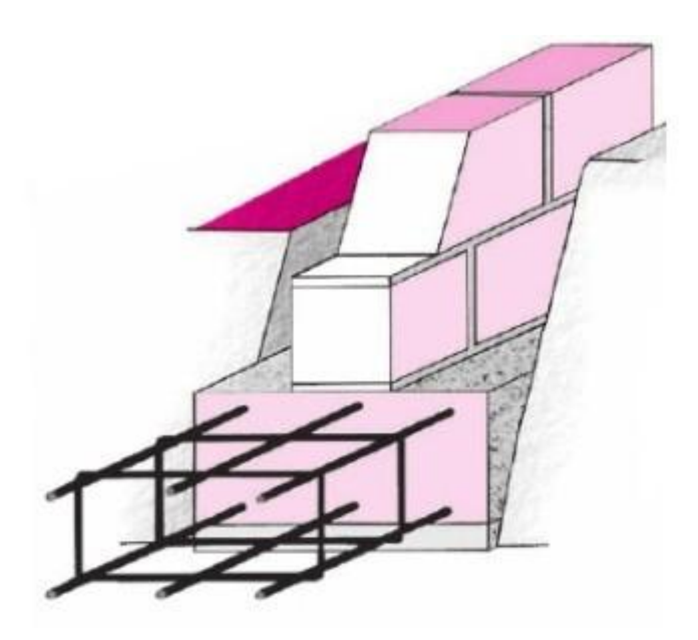
Sol naturel

soubassement

semelle de fondation

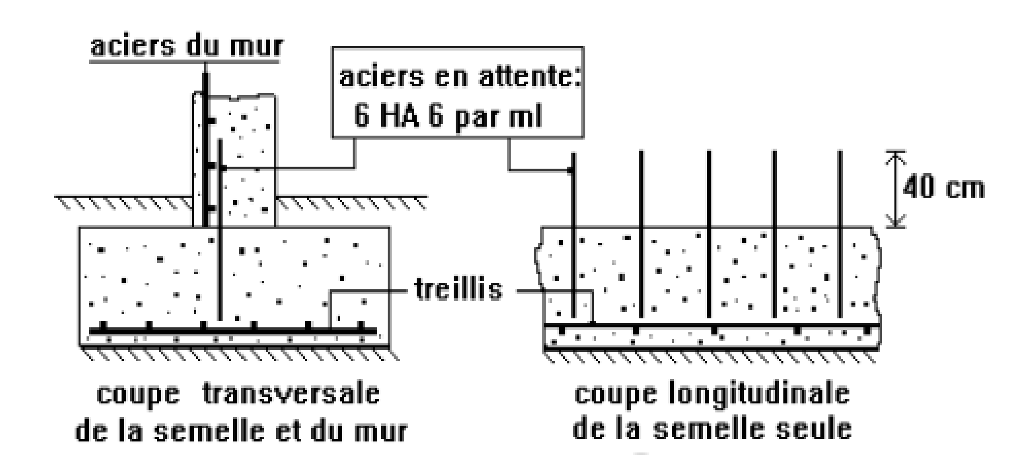
béton de propreté (ép. 5 cm)

sol de fondation hors gel



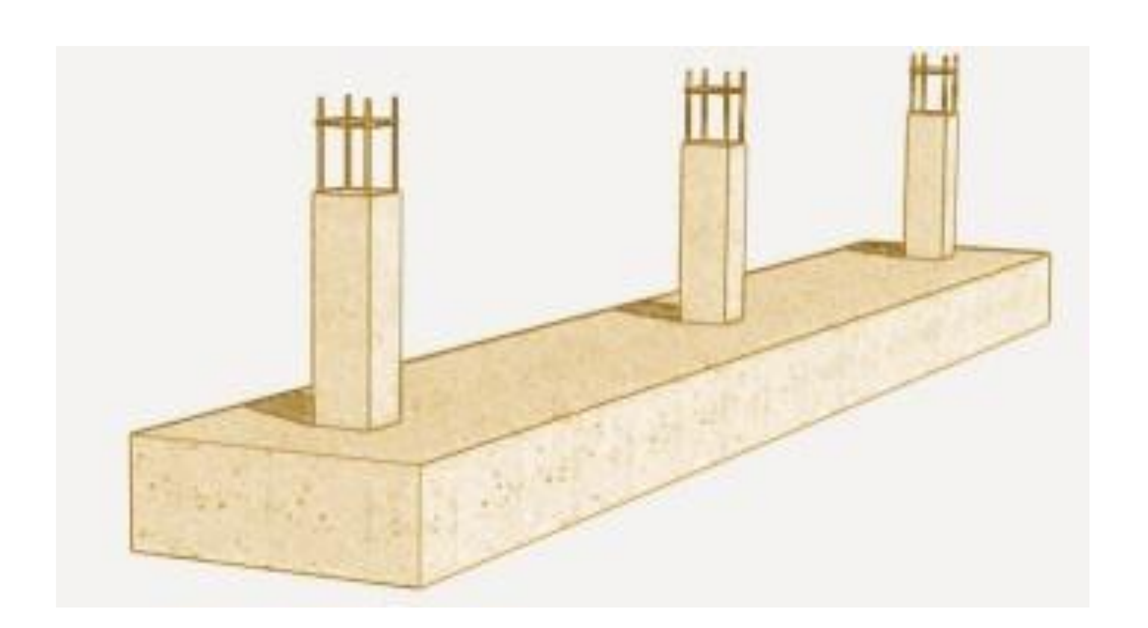
Les Semelles filantes sous murs porteurs :

Si l'élément vertical est un voile en béton banché, il suffira de placer des attentes dans la semelle.



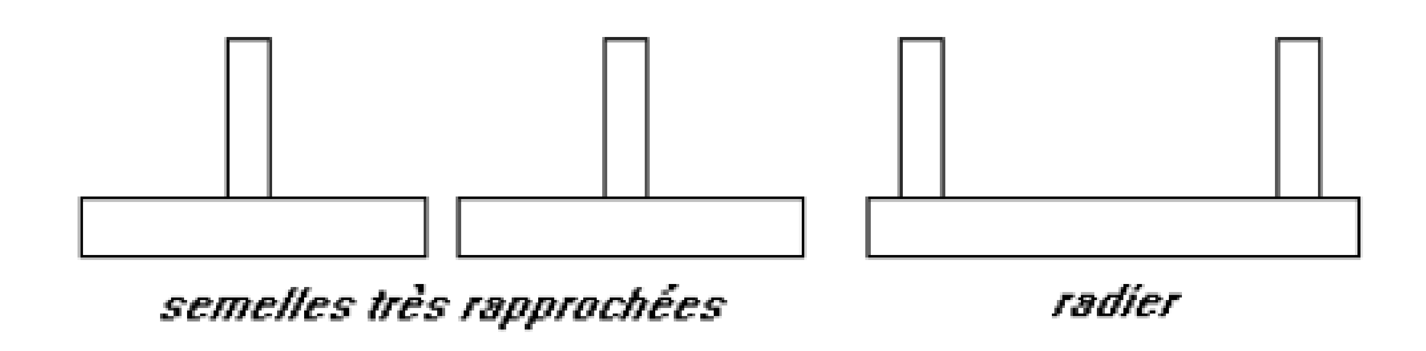
Les Semelles filantes sous poteaux :

Dans le cas où des semelles isolées sont très rapprochées l'une de l'autr ou si elles se recoupent entre elles, une solution semelle continue doit êtr envisagée.



Les Radiers :

Lorsque les semelles deviennent trop importantes et que l'on ne veut pas aller en profondeur, on a recours à l'exécution d'un radier général.



En effet, le radier est un système de fondations constitué d'une dalle en béton armé, réalisé sous l'ensemble de la construction





Les Radiers :

On est amené à se ramener à la solution radier, si :

-les semelles continues ou isolées sont trop importantes en raison de la faible capacité d sol ou des charges élevées du bâtiment ;
- les porteurs sont trop rapprochés ;
- le niveau d'assise d'une éventuelle fondation profonde est trop important ;
- l'exécution des pieux présente des difficultés ;

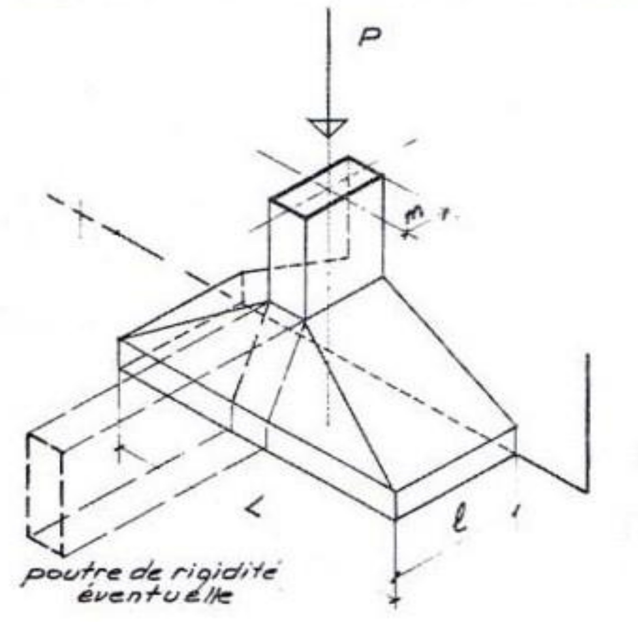
La réalisation de radier est à éviter dans les cas suivants :

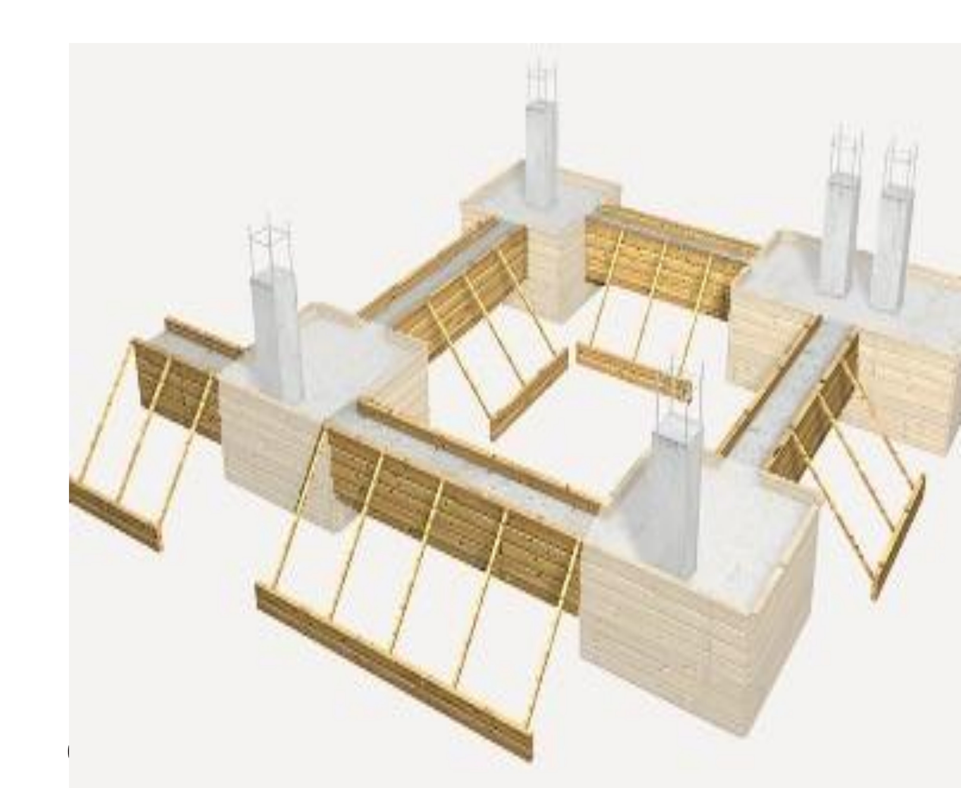
- le sol d'appui est hétérogène (traitement de sol) ;
- les charges apportées par la structures sont inégales (joint de rupture) ;

Les semelles excentrées :

Dans certains types de construction, les semelles reprenant des charges verticales doiver être excentrées, comme dans le cas de mur mitoyen ; joint de rupture de deux zones d'ur bâtiment différemment chargées.
Pour éviter l'instabilité dans ces cas, on peut prévoir une poutre de redressement qui relie la semelle à construire à la semelle la plus proche.







Exécution d'une fondation superficielle :

1- Préparation :

Le fond de fouille doit être propre, à sec. Aucun point dur ne doit affleurer ou dépasser du fond de fouille.
Couler en fond de fouille, une couche de béton de de propreté, visant à protéger les nappes inférieures d'acier contre les salissures (vase, terre).
Le béton de propreté est dosé à 150kg/m³ et une épaisseur de 4 à 5 cm.





Exécution d'une fondation superficielle :

Cette couche de béton de propreté permet aussi :
- garantir le calage des armatures,
- assurer la propreté des armatures,
- niveler le fond de fouille et,
- assurer une bonne mise en œuvre du coffrage.



Exécution d'une fondation superficielle :

2 - Le ferraillage :

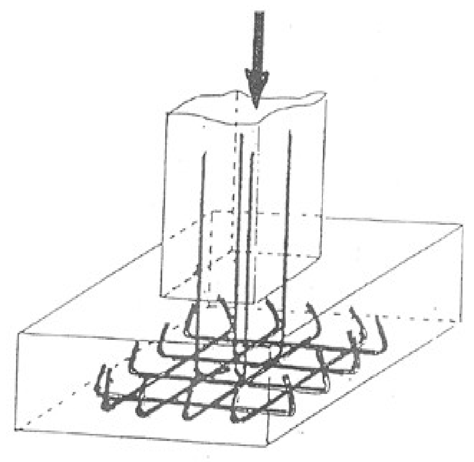
Des cales en béton sont posées pour assurer l'enrobage des armatures.

Prévoir de l'acier de renfort dans les angles.









Exécution d'une fondation superficielle :

3 - Le coulage du béton :

Le béton est dosé à 300 à 350 kg/m³ de ciment. Les différentes étapes de coulage sont :
-Nettoyage de la plateforme par un compresseur mécanique.
-Malaxage du béton dans la toupie pendant 2 à 3 minutes à faible vitesse pour assurer son homogénéité.
- Coulage du béton par une pompe à béton.
-La vibration du béton par une aiguille vibrante afin d'éviter la ségrégation, augmenter la résistance du béton et assurer l'enrobage des armatures.

La ségrégation des bétons : les granulats ayant le plus grand diamètre ont tendance à couler et ceux de faibles diamètres à remonter (si tous les granulats ont la même densité).

Exécution d'une fondation superficielle :



Tassement des Fondations superficielles :

Tassements admissibles d'une fondation superficielle :

Le tassement d'une fondation doit rester dans les limites admissibles pour éviter le basculement ou la ruine de l'ensemble ou l'apparition des fissures localisées qui pourront rendre l'ouvrage inutilisable.





Les Fondations Profondes :

Les fondations profondes sont destinées aux transferts des charges de l'ossature à une grande profondeur dans le sol quand la reprise de ces charges ne peut se faire par sol en surface ou à faibles profondeurs. En effet, on a recours aux fondations profondes :

-La portance du sol est faible ;

- Les charges à reprendre sont trop importantes ;
- Risque de tassements différentiels ;

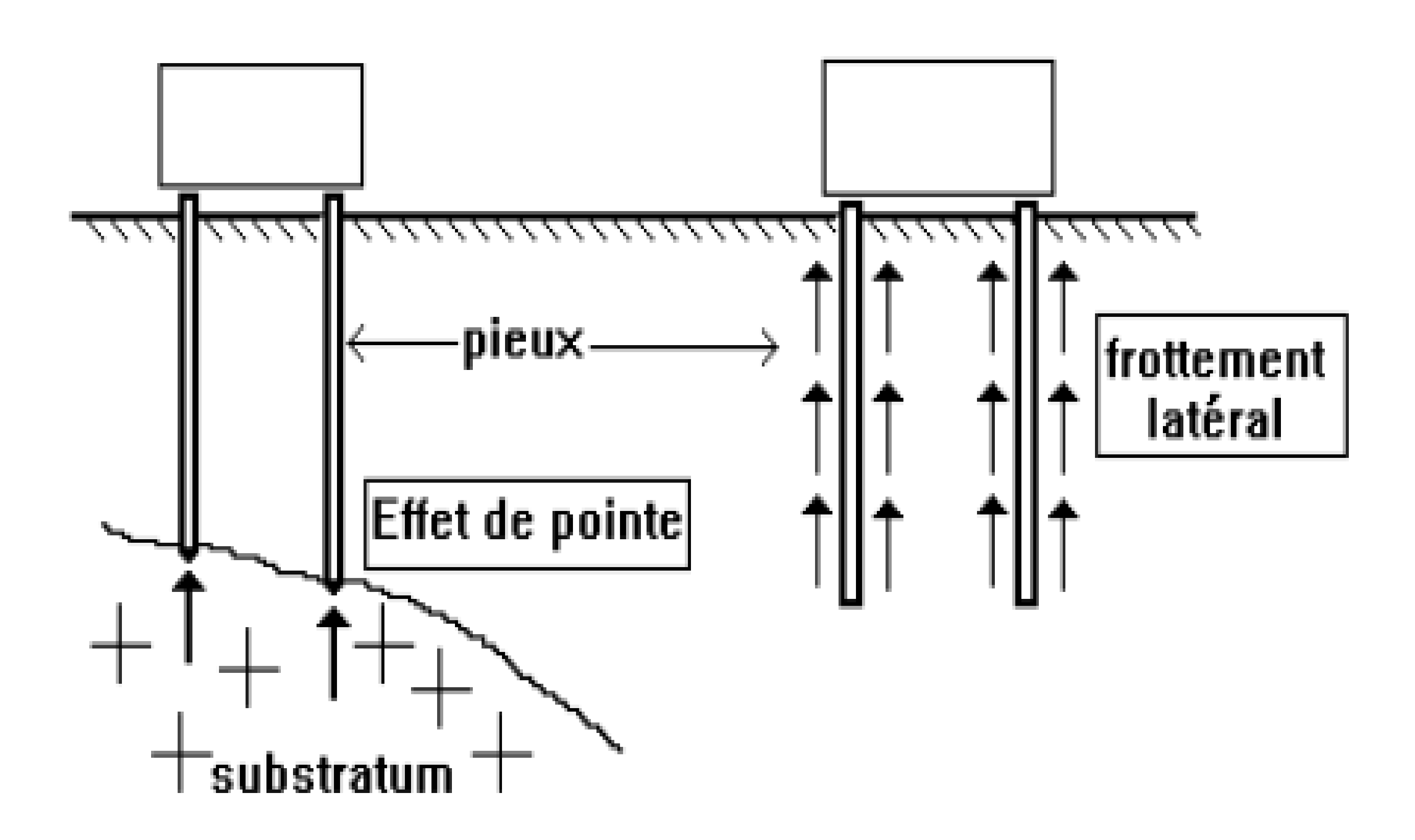
Comment fonctionne une fondation profonde :

Les sollicitations agissantes sont reprises :

- en partie par l'effort s'exerçant sous la base de fondation : La résistance de pointe

-en partie par l'effort se développant le long du fût du pieu dans les couches résistantes, ou plus généralement dans les couches où le déplacement du pieu est supérieur à celui du sol environnant : le frottement latéral

Les Fondations Profondes :

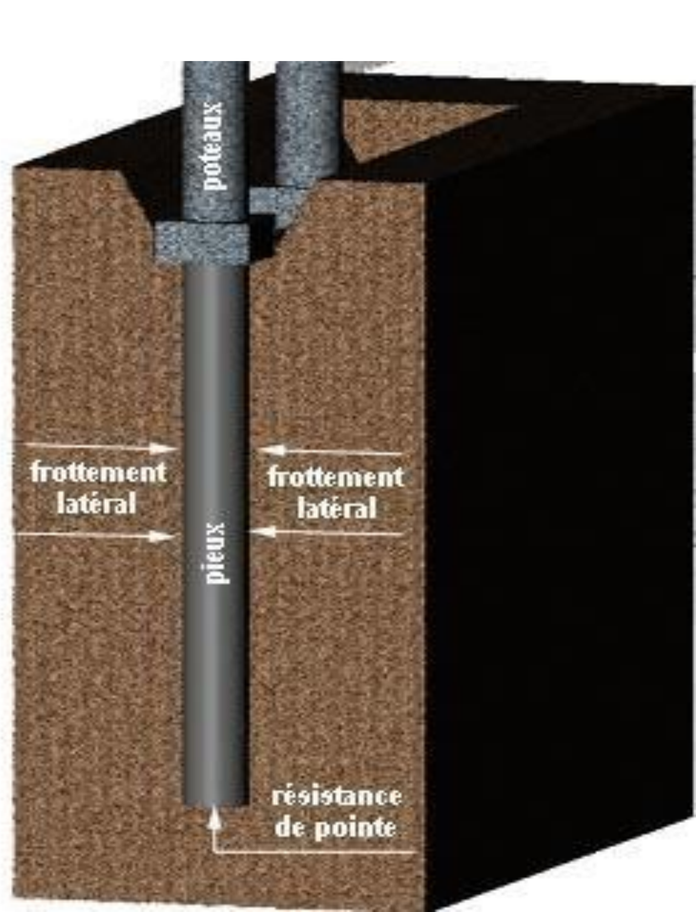


Les Fondations Profondes :

Le transfert des charges e l'ossature aux pieux se fait via :
-les longrines : si les éléments porteurs de l'ossature sont des voiles ou murs continus ;
- les semelles : si les éléments porteurs sont des poteaux ou voiles discontinus.

Remarques : On peut être amené à utiliser des fondations semi profondes ne faisant intervenir que l'effet de pointe, dénommés « puits ».

-Les pieux sont des éléments structuraux minces et profilés mis en place par fonçage ou battage.
-Les éléments couramment utilisés peuvent varier d'un diamètre de 300 mm à 1200mm.
-L'écartement des pieux doit être d'au moins 2,5 le diamètre des pieux afin que chaque pieu puisse mobiliser totalement sa résistance due aux frottements latérales (5 fois le diamètre s'il s'agit de pieux flottants).



Les Types de Fondations Profondes :

On distingue :
- Les pieux ;
- Les puits ;
- Les micropieux ;
- Les colonnes ballastées ;



Pieu tubulaire ouvert

Palpieu

Ⓐ Pieu H Ⓟ

Ⓐ Rideau continu Ⓟ

Ⓐ= Ⓟ=



Les Types de Pieux :

Les pieux sont classés selon la technique de leurs mise en place, et on Distingue :

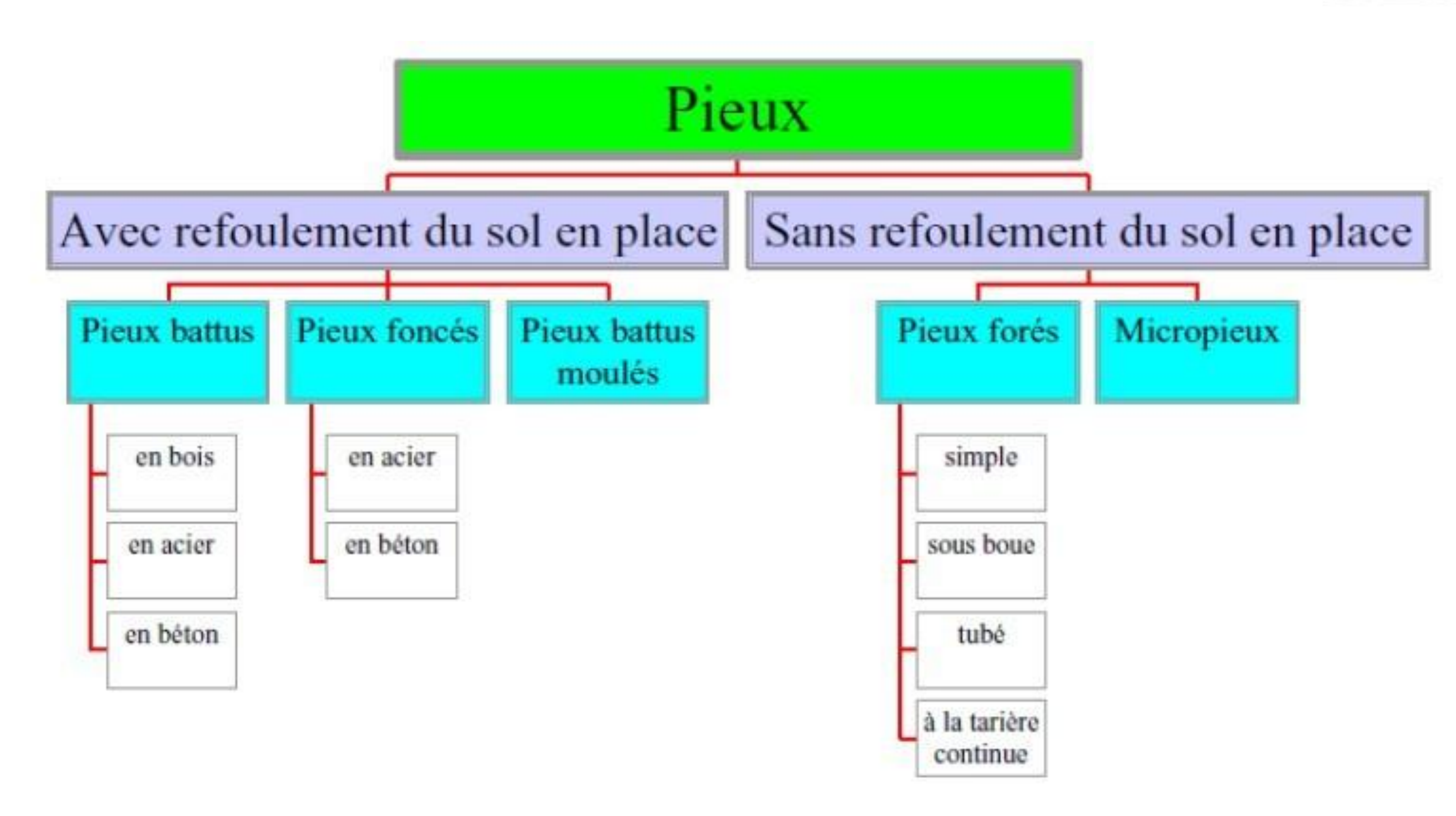
-les pieux mis en place par refoulement du sol : ils concernent les pieux battus et les pieux foncés. Ils repoussent le sol et le compriment ; ce qui génère un bon frottement latéral.

-les pieux mis en place sans refoulement du sol : ils concernent les pieux forés et le puits. Leur mise en place se fait par substitution. Ce qui a pour effet de remanier le sol et de le décomprimer. Le frottement latéral est donc diminué, sauf pour certain types de mise en œuvre tels que les pieux exécutés à la tarière creuse).



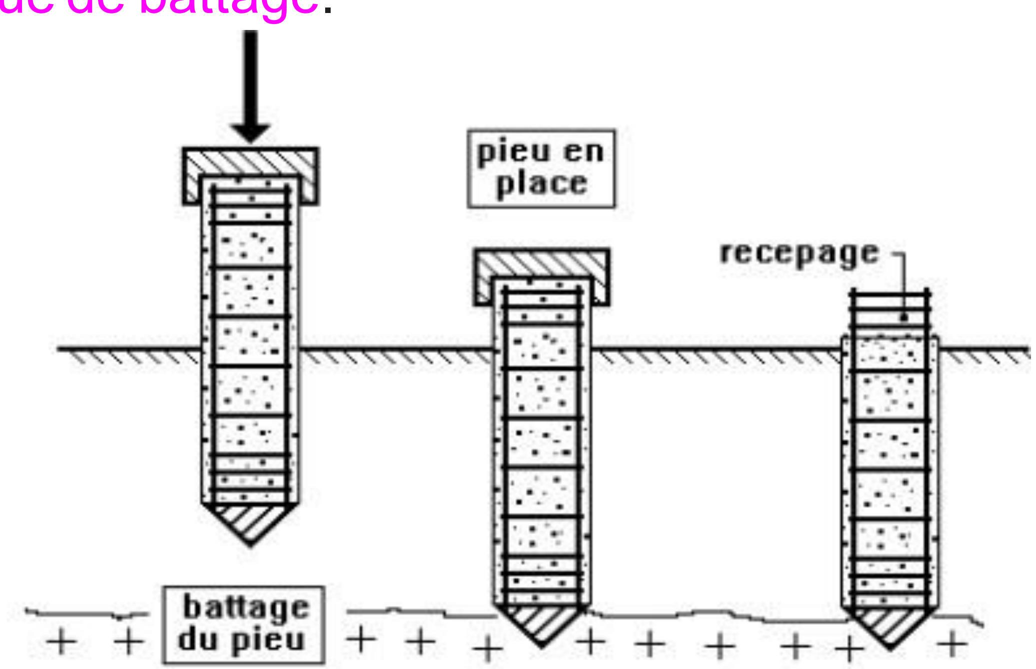


Les Types de Pieux :



Les Pieux battus :

Les pieux battus sont des pieux façonnés à l'avance, ils peuvent être constitués de différents matériaux (bois, béton armé, acier).
En effet, les pieux sont des pieux préfabriqués sur le chantier lui même ou ailleurs selon le cas.
Ce type de pieux est mis en place par battage. L'enfoncement est obtenu par la chute, libre ou activée, d'une masse métallique, le mouton, sur la tête du pieu.
De nos jours, la chute libre est fréquemment remplacée par le choc du piston d'un moteur Diesel. Pour éviter sa détérioration, la tête du pieu est généralement protégée par un casque de battage.



Les Pieux battus :

Le pieu est souvent tout d'abord mis en position dans un avant-trou foré de quelques mètres de profondeur.
Le pieu est battu jusqu'au refus, qu'on définit comme l'impossibilité d'enfoncer Plus avant le pieu en cours de battage (lorsque par exemple la pointe atteint la couche d'assise).



Les Pieux Forés :

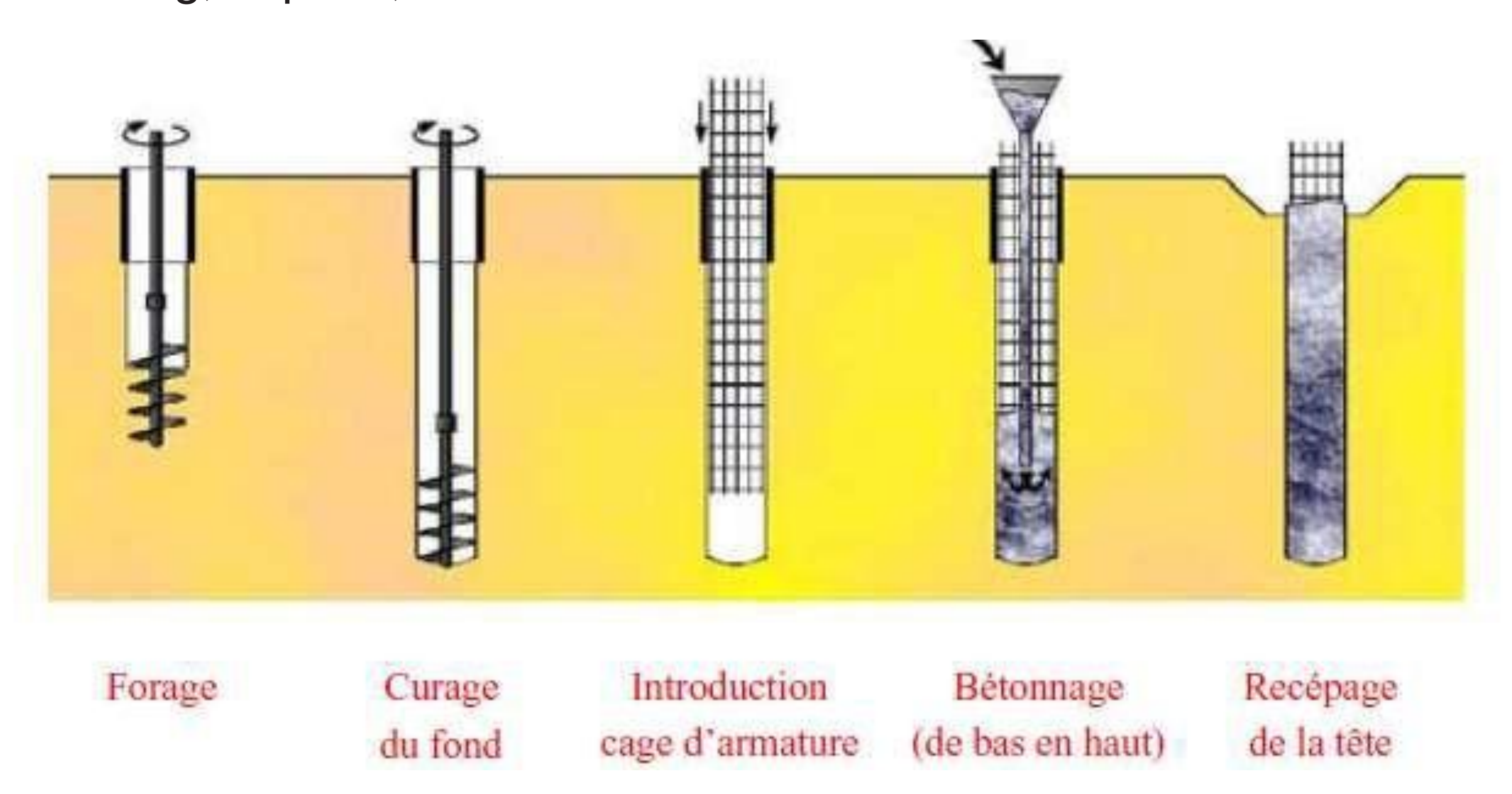
Contrairement aux pieux battus, les pieux forés nécessitent un forage préalable à la réalisation du pieu dans lequel on viendra faire couler le béton armé ou non. La réalisation du trou de forage peut se faire selon différentes techniques selon la tenue du sol (cohérent ou pulvérulent, présence d'eau ou non).

On définit alors :

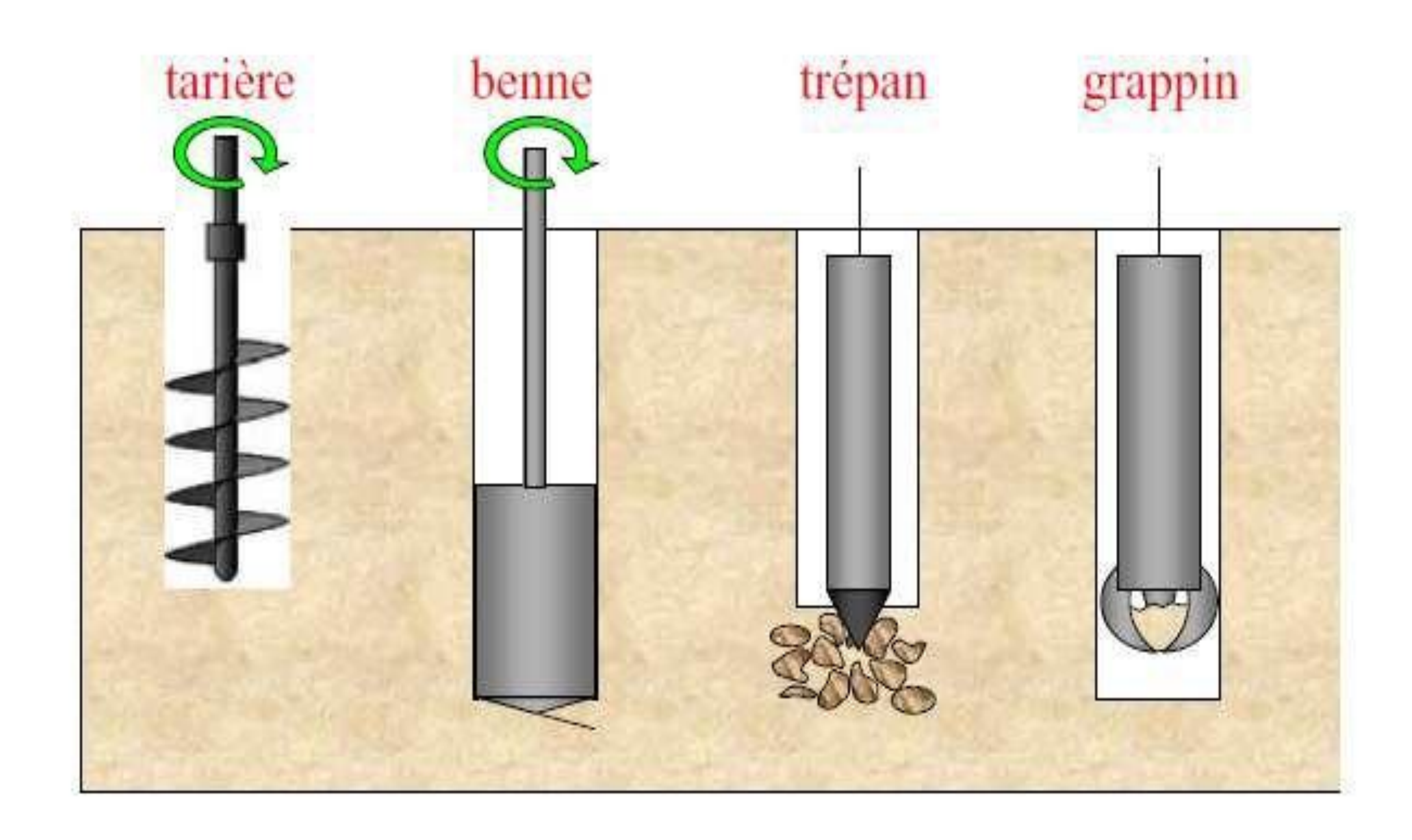
- pieux forés simples ;
- pieux forés tubés ;
- pieux forés à la boue ;
- pieux forés à la tarière creuse ou continue.

Les Pieux Forés Simples :

Ce type de pieux s'exécute dans des terrains auto-stables (cohérents ne présentant pas une présence d'eau), où les parois du forage ne nécessitant pas d'être maintenues. Le forage est réalisé à l'aide de moyens mécaniques tels que Hammerbag, trépans, benne.

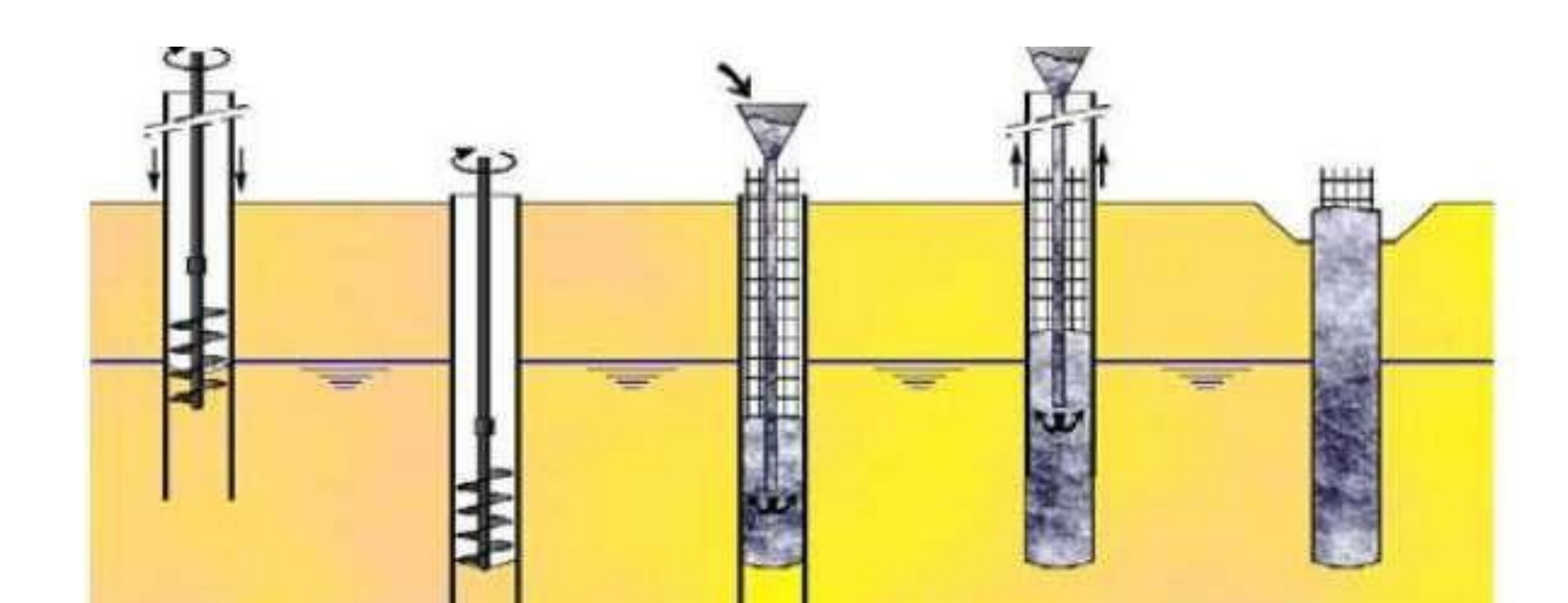


Les Pieux Forés Simples :



Pieux Forés tubés :

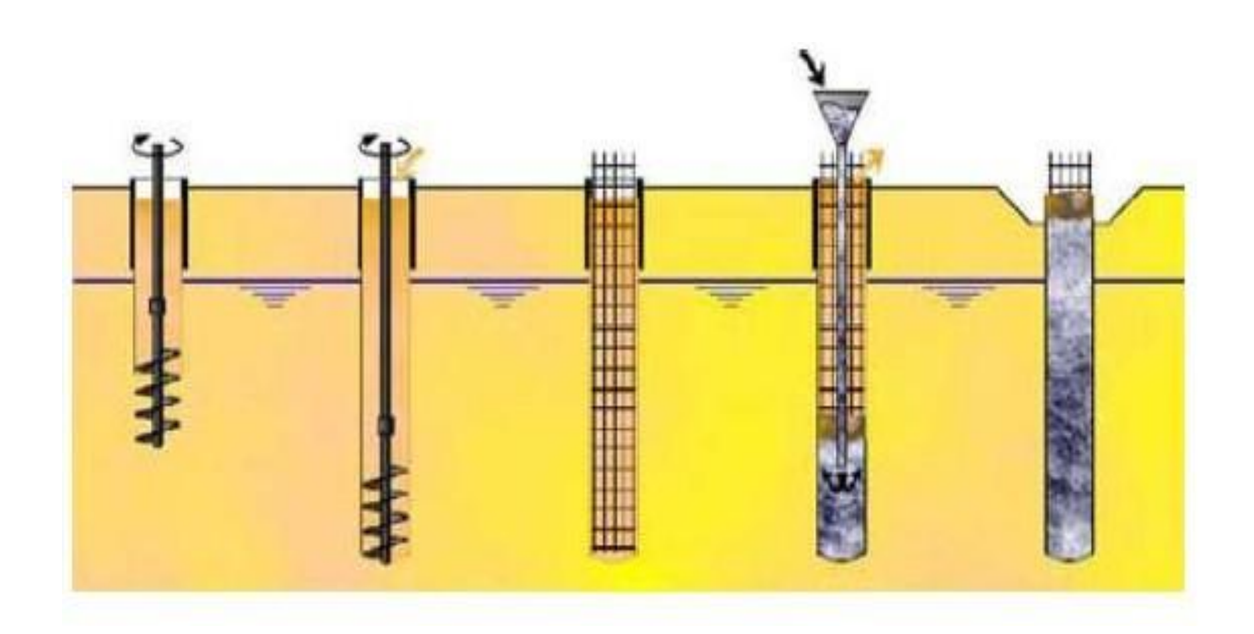
Utilisé pour des terrains cohérents ou pulvérulents avec eau. Le forage est exécuté dans le sol sous protection d'un tubage dont la base est toujours située au dessous du fond de forage.
Le tubage peut être enfoncé jusqu'à la profondeur finale par vibration ou foncé avec louvoiement au fur et à mesure de l'avancement du forage.
Le forage est rempli partiellement ou totalement d'un béton de grande ouvrabilité, puis le tubage est retiré progressivement sans que le pied du tubage puisse trouver à moins de 1m sous le niveau du béton, sauf au niveau de la côte d'arase.



Pieux Forés à la boue :

Dans ce type de pieu, il y a forage avant la réalisation du pieu, et la stabilité du forage est assurée en injectant de la boue betonitique (mélange d'eau et d'argile appelée aussi Bentonite).

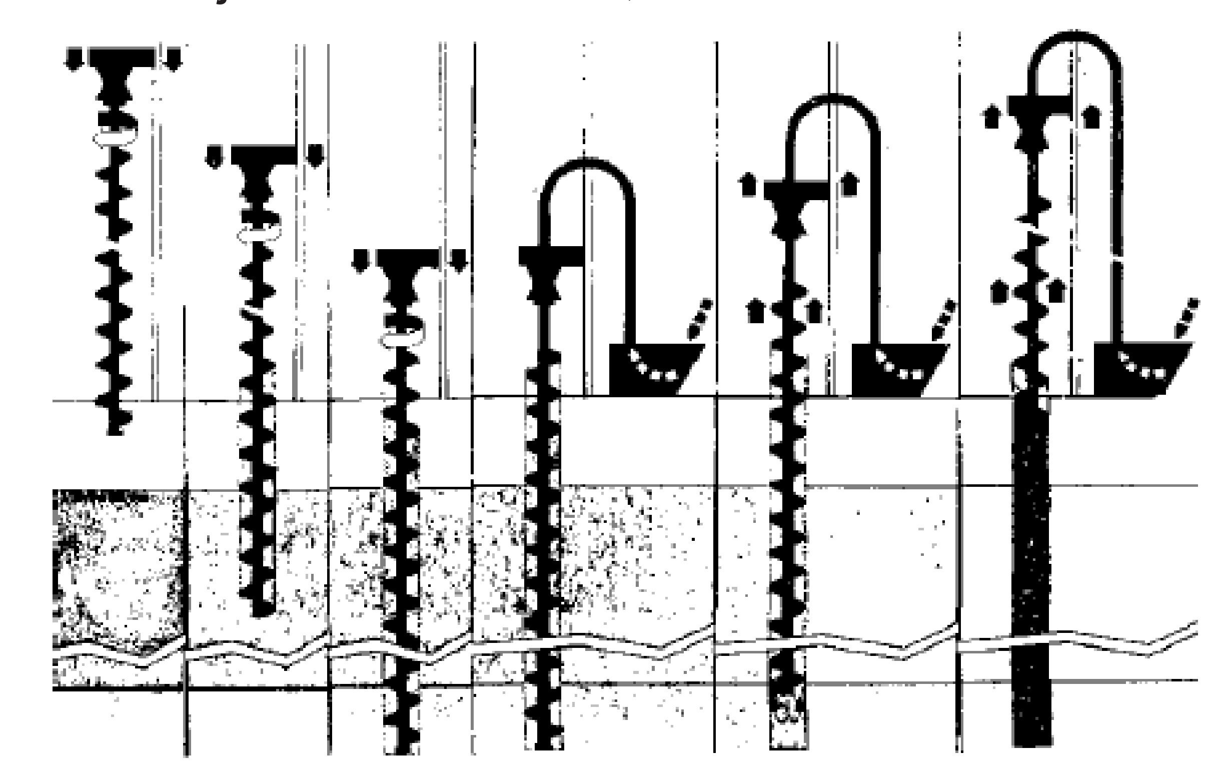
La boue est déversée au fur et à mesure de l'avancement du forage. Une fois le forage achevé, le coulage du béton est réalisé à l'aide d'un tube plongeur qui permet de faire arriver le béton frais au sein de la masse de béton déjà coulé ; pour que le béton coulé en premier et qui est mélangé à la boue reste en surface il se retrouve donc en fin de bétonnage à la tête de pieu et se retrouve éliminé par recépage).



Pieux Forés à la tarière creuse continue :

Les pieux exécutés à la tarière creuse continue, pour éviter les éboulements, remplacent la boue ou le tube par l'outil lui même.

Dans ce cas, le système est réalisé en vissant dans le sol, une mèche Hélicoïdale cylindrique. La longueur de la mèche est égale à la longueur du pieu à exécuter. La tarière comporte un axe creux à l'intérieur duquel est injecté le ciment en fin de vissage. Lors de l'injection du ciment, la tarière remonte progressivement.



Recépage des pieux :

Lorsque l'on remplit de béton des forages à l'aide de tube plongeur, le premier béton qui arrive au fond du trou se mélange avec de l'eau, la boue ou les éboulis qui s'y trouvent.
Au fur et au mesure de remplissage de ce forage, le béton remonte avec lui Cette eau, cette boue ou ces éboulis, de sorte que cette couche de béton souillé se retrouve en surface à la fin du coulage.
Afin de garantir une assise saine aux appuis, ce premier béton doit être éliminé.
Cette opération d 'élimination du mauvais béton est appelée recépage.

Le recépage est obligatoire sur toutes les fondations profondes et se fait sur une hauteur variable selon le risque prévisible de pollution et la nature du sol rencontré au moment du forage. (L’usage prévoie que le recépage minimum est équivalent au diamètre des pieux ou de la largeur de la fondation).

Recépage des pieux :



Les micro-pieux :

Il s'agit de pieux de petit diamètre et de capacité portante faible à moyenne.
Ils sont armés, et travaillent uniquement au frottement latéral.
Schématiquement, le processus d'exécution est le suivant : forage tubé, mise en place d'une armature (câble ou tube d'acier), remplissage et injection au ciment de la cavité sur toute la longueur.
Le diamètre des micro-pieux se situe entre 5 et 25 cm.
Selon leur longueur (30m et plus), leur section, l'armature mise en place, la pression d'injection (5 à 10 bars), et la nature du terrain ambiant, leur charge de rupture se situe entre 10 et 100 tonnes.

Choix du type de pieux :

La sélection d'un type de pieu, parmi d'autres, nécessite une connaissan parfaite des différents facteurs intervenants dans le choix:

- Le niveau de la nappe phréatique.
- Les particularités de l'ouvrage.
- Le type de charges.
- La méthode d'installation des pieux et sa longueur.
- La disponibilité des techniques de mise en oeuvre.
- Le type du sol
- Les facteurs causant la détérioration de la protection des pieux.
- L'aspect économique.

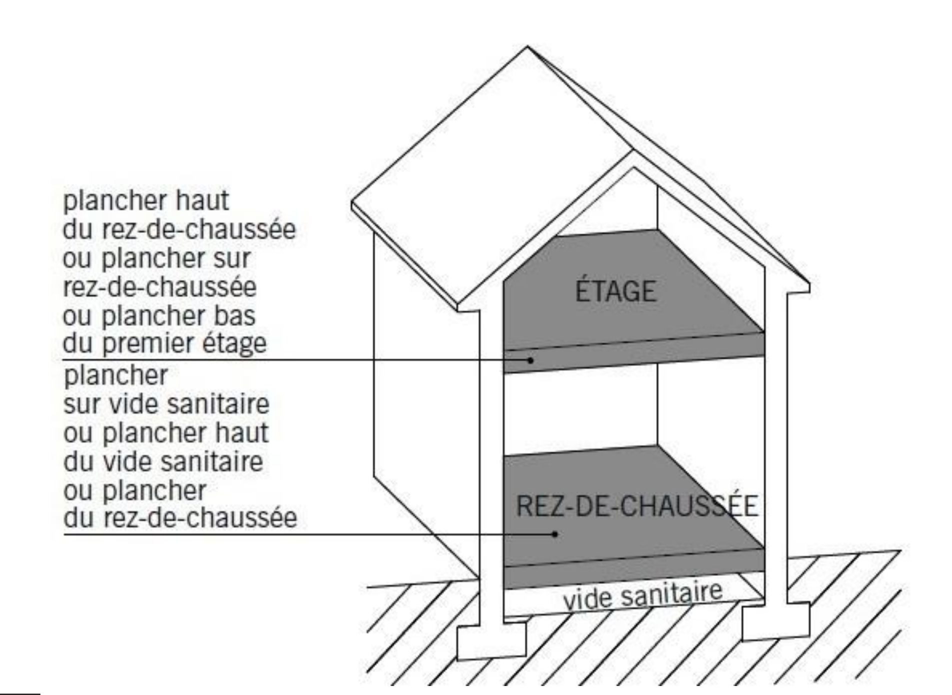
Chapitre 5 :
Les Planchers

ü Définitions

Le **plancher : ouvrage horizontal constituant** une séparation entre deux niveaux d'un bâtiment et capable de supporter les charges d'utilisation.

Dans le cas du plancher le plus bas du bâtiment on parle de **dallage.**

La sous-face est appelée plafond ou plancher terrasse.



ü Définitions

C'est un ouvrage en bois, en acier ou en béton, formant une plate-forme horizontale au rez-de-chaussée ; et peut être horizontale, inclinée ou en forme coupole au plafond.

Les planchers qui forment l'enveloppe horizontale sont généralement constitués par une ossature comprenant la partie portante ainsi que les hourdis de remplissage, par un revêtement, ou aire supérieure, constituant un sol, et par un plafond, ou aire inférieure.

Le revêtement peut être en : parquet, carrelage, Linoleum, moquette, etc.



ü **Définitions** www.4geniecivil.com

Les planchers traditionnels sont :

En bois (à solives jusqu'à une portée de 5 m, à poutres et solives au-delà),

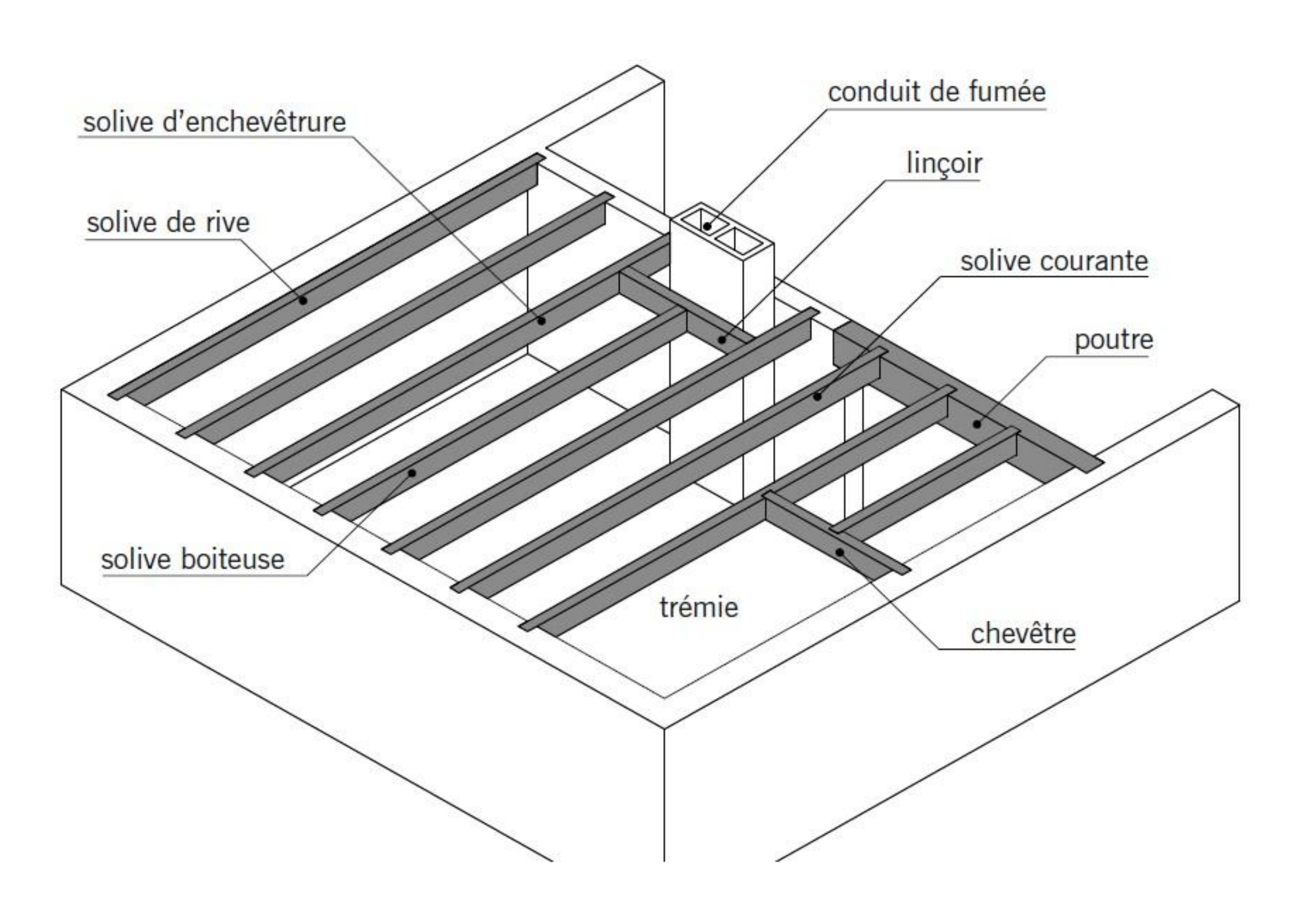
En fer (solives en fer à double T, hourdis en plâtras secs ou en briques creuses),

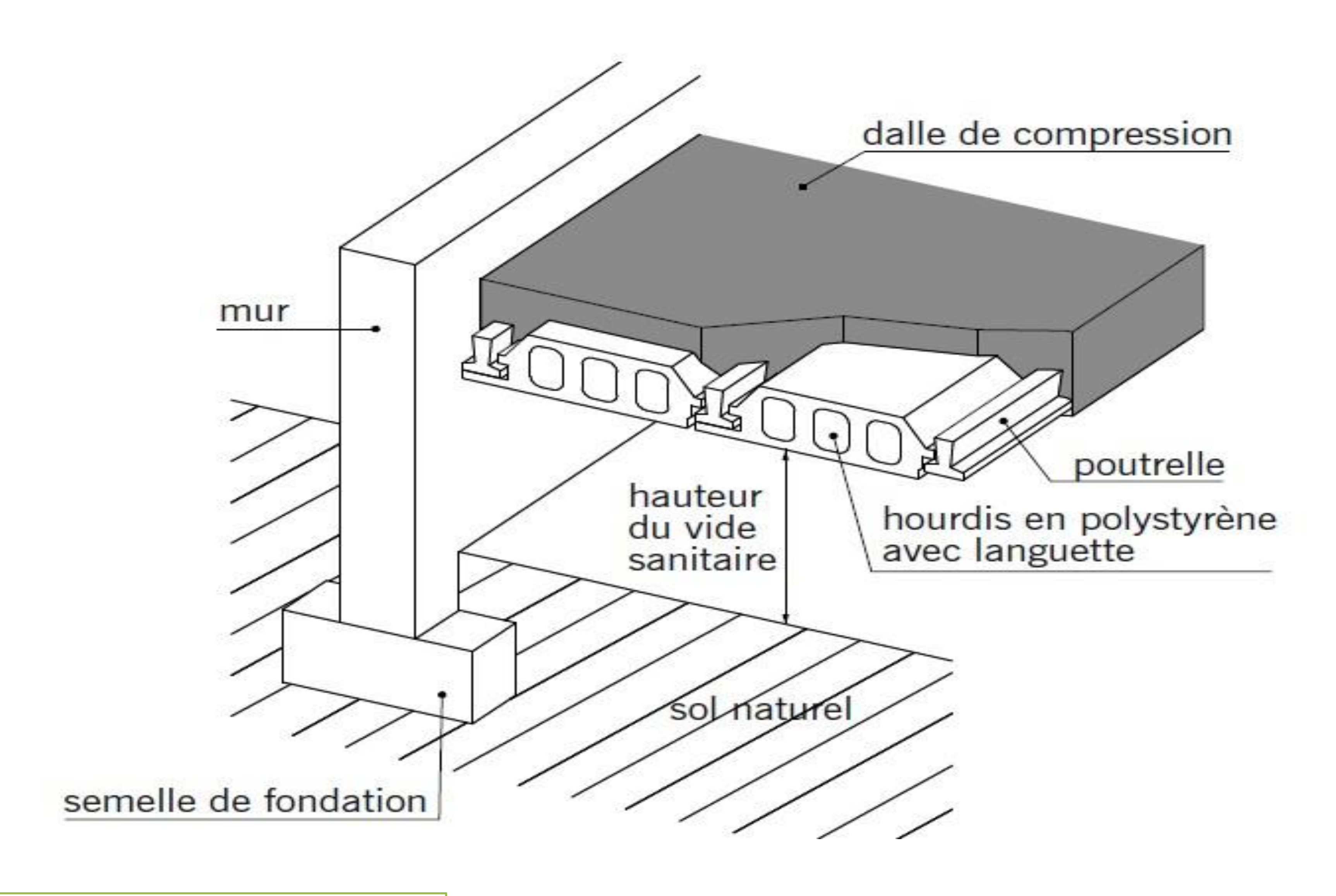
En béton armé (simple dalle jusqu'à 4 m de portée, dalle nervurée au-delà).

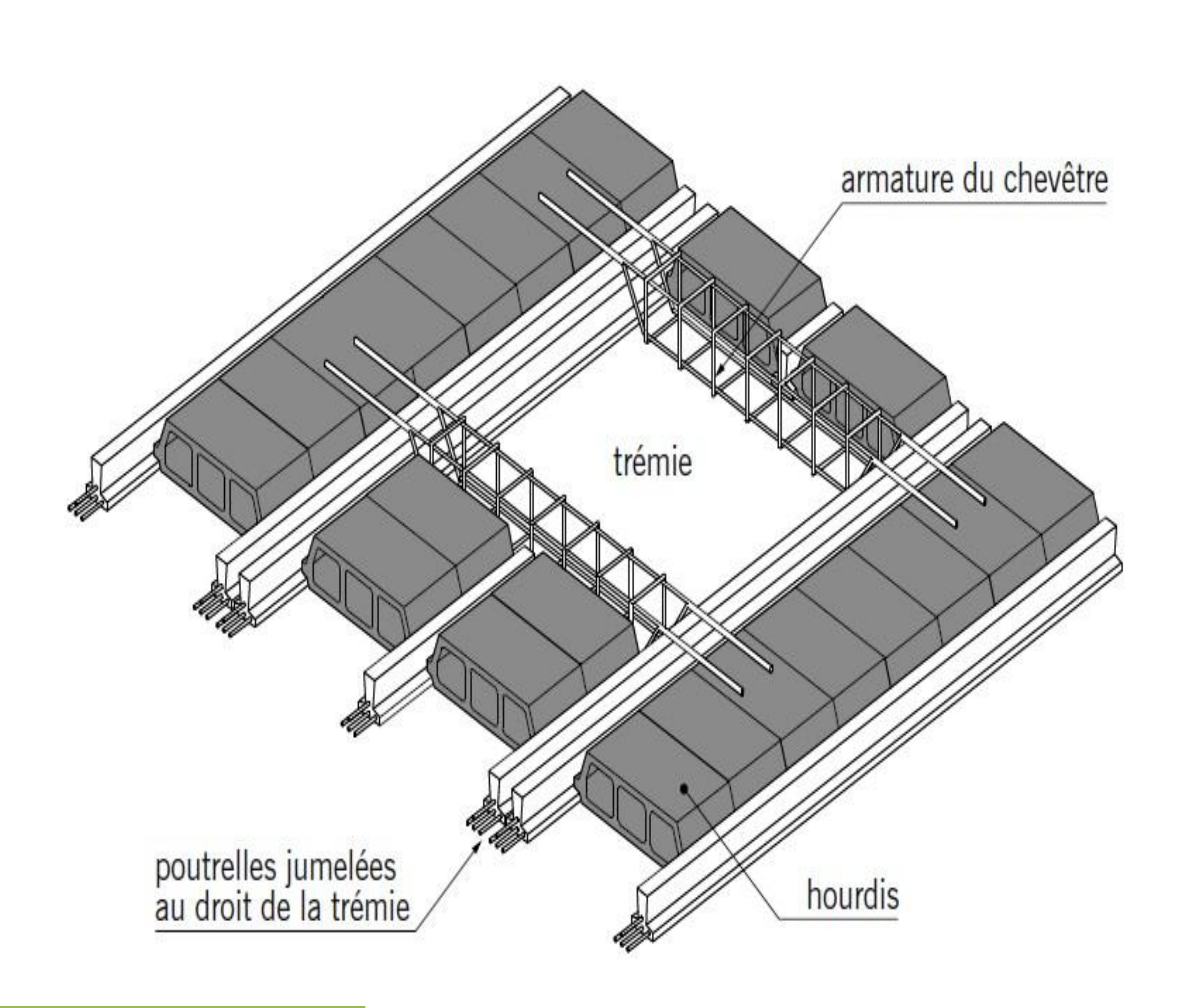
Les planchers préfabriqués qui sont classés :

Soit d'après leur matériau (béton armé, béton précontraint, poutrelles métalliques enrobées, céramique résistante),

Soit d'après leur mode de mise en œuvre.


solive d'enchevêtrure
solive de rive
conduit de fumée
linçoir
solive courante
poutre
solive boiteuse
trémie
chevêtre


dalle de compression
mur
poutrelle
hauteur du vide sanitaire
hourdis en polystyrène avec languette
sol naturel
semelle de fondation


armature du chevêtre
trémie
poutrelles jumelées
au droit de la trémie
hourdis

ü Rôle des planchers

les planches en tant qu'éléments structurels doivent essentiellement présenter :

- Ø Plate forme porteuse pour l'étage considéré
- Ø Toiture ou couverture pour l'étage sous jacent
- Ø Ecran permettant le confort de l'habitant
- Ø Elément de stabilité

Résistance et stabilité.

- Supporter les charges verticales (permanentes et d'exploitation)
- Assurer la transition des efforts horizontaux (poussée des terres, vent, séisme) vers les éléments de contreventement.
- Ne pas fléchir (limiter la flèche au moment du coffrage puis en cours d'utilisation)
- Durabilité

- **Etanchéité et protection.**
  - A l'air
  - Au feu
  - Aux effractions
  - Coupe feu en cas d'incendie

d’où les planchers doivent répondre à ces principaux critères :

- **Isolation thermique et acoustique.**
- **Fonction architecturale.**
  - Aspect décoratif en sous face
- **Fonctions techniques.**
  - Facilité de mise en œuvre
  - Circulation entre les étages à l’aide des trémies (escaliers, cage d’ascenseurs…)
  - Liaisons avec les porteurs verticaux
  - Passage de gaines et des conduites (eau, chauffage, électricité, ventilation …)

ü Définition

Le mot corps creux trouve son origine dans les entrevous en ciment ou en terre cuite disposés entre les poutrelles et servant uniquement de coffrage perdu lors du coulage de la dalle de compression.

Les planchers à corps creux sont composés de 3 éléments principaux :

-les corps creux ou **"entrevous" qui servent de** coffrage perdu,

-les **poutrelles en béton armé ou précontraint qui** assurent la tenue de l'ensemble et reprennent les efforts de traction grâce à leurs armatures,

- une dalle de compression armée coulée sur les entrevous qui reprend les efforts de compression.

Le plancher est entouré par un chaînage horizontal.

Il faut savoir que les entrevous n’ont pas de rôle mécanique et que ce type de plancher travaille comme un plancher nervuré.

Planchers corps creux

ü **Définition**

table de compression
mur
planelle
treillis soudé
épaisseur totale (H+E)
E
H
chaînage horizontal
corps creux ou entrevous
poutrelle préfabriquée
chapeau de rive
perspective schématique

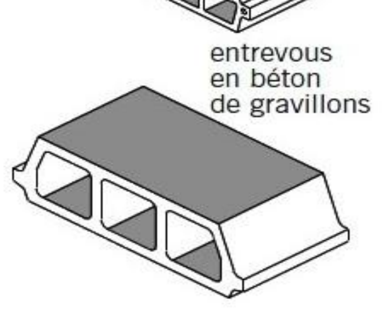


E

Planchers corps creux

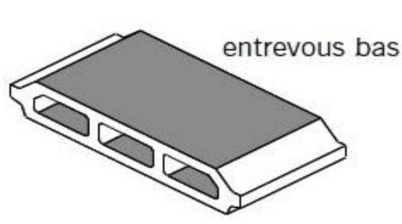
L'**entrevous ou corps creux: élément préfabriqué** en béton de gravillons, en terre cuite ou en polystyrène, mis en place entre les poutrelles d'un plancher.





Les hourdis servent généralement de coffrage à la *dalle de compression qui les recouvre.*





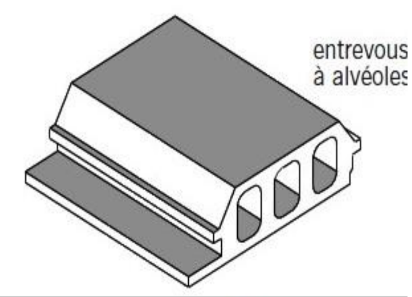
Les entrevous en polystyrène qui assurent au plancher une bonne isolation thermique sont essentiellement utilisés pour les planchers recouvrant un vide sanitaire ou un local non chauffé (cave, garage…).



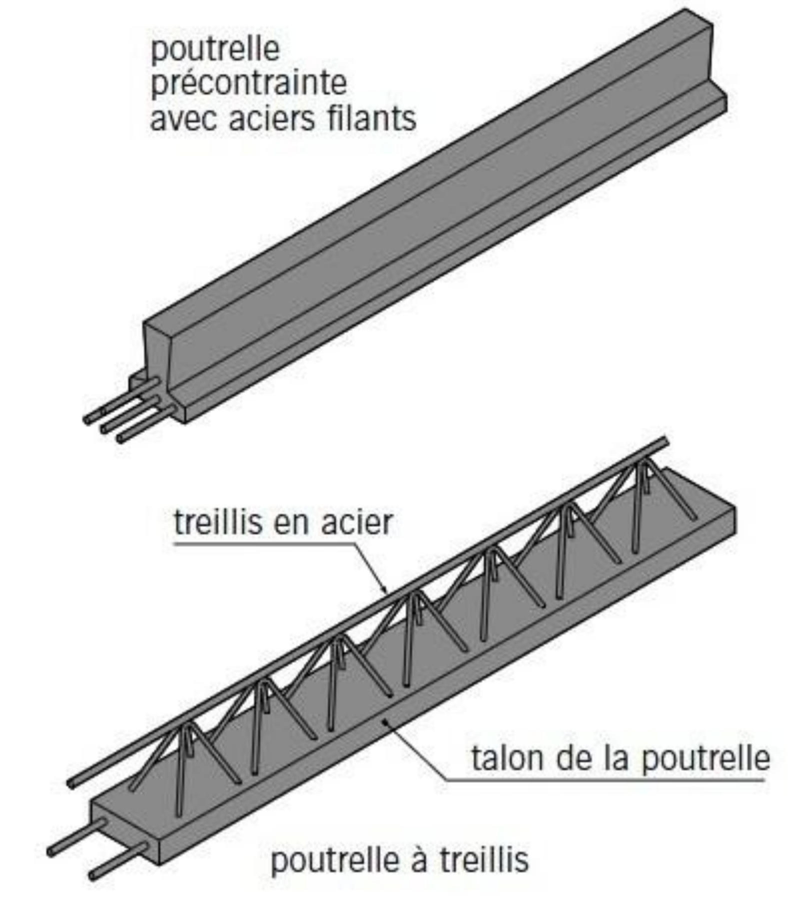
entrevous plein

languette (talon)

A l'origine, l'entrevous est l'intervalle ou l'espace situé entre deux solives d'un plancher en bois.

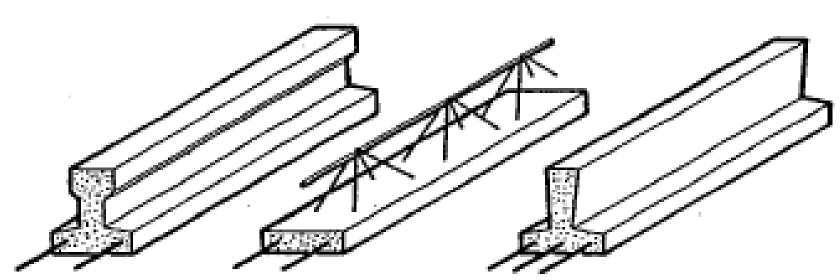


ü Éléments constitutifs



Les poutrelles supportent le plancher et transmettent ses charges à la structure porteuse. C’est une poutre préfabriquée de faible section en béton armé ou en béton précontraint. Les poutrelles constituent la structure porteuse du plancher reposent à leurs extrémités sur des murs porteurs ou des *poutres en béton armé.*

On trouve toute une gamme de poutrelles
préfabriquées sur le marché:
- poutrelle en béton précontraint
- poutrelle en béton armé,
- poutrelle treillis



(a) Poutre armée (b) Poutre à treillis (c) Poutre précontrainte

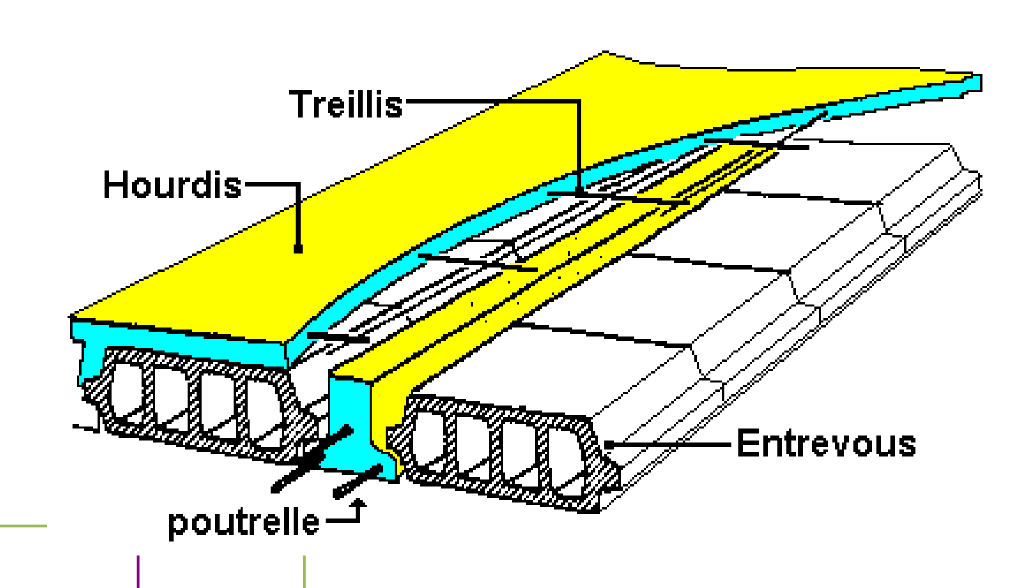
ü **Eléments constitutifs**

Cette **dalle de compression appelée aussi table de compression ou dalle de répartition** coulée en place sur les entrevous et les poutrelles doit être correctement armée.

Elle est réalisée en béton dosé à 350Kg/m³ de CEM/II classe 45.

Elle est armée d'un treillis soudé et son épaisseur courante est de 5-cm environ.

La dalle de répartition donne au plancher sa rigidité et assure le report des charges en direction des poutrelles. Le béton qui ne comble que l'espace libre entre les entrevous sans recouvrir ces derniers est appelé **béton de clavetage.**



Dimensions

- La hauteur de l'entrevous et du plancher dépendent de la portée des poutrelles. Par contre, l'entre-axe entre ces poutrelles est de 60 cm.

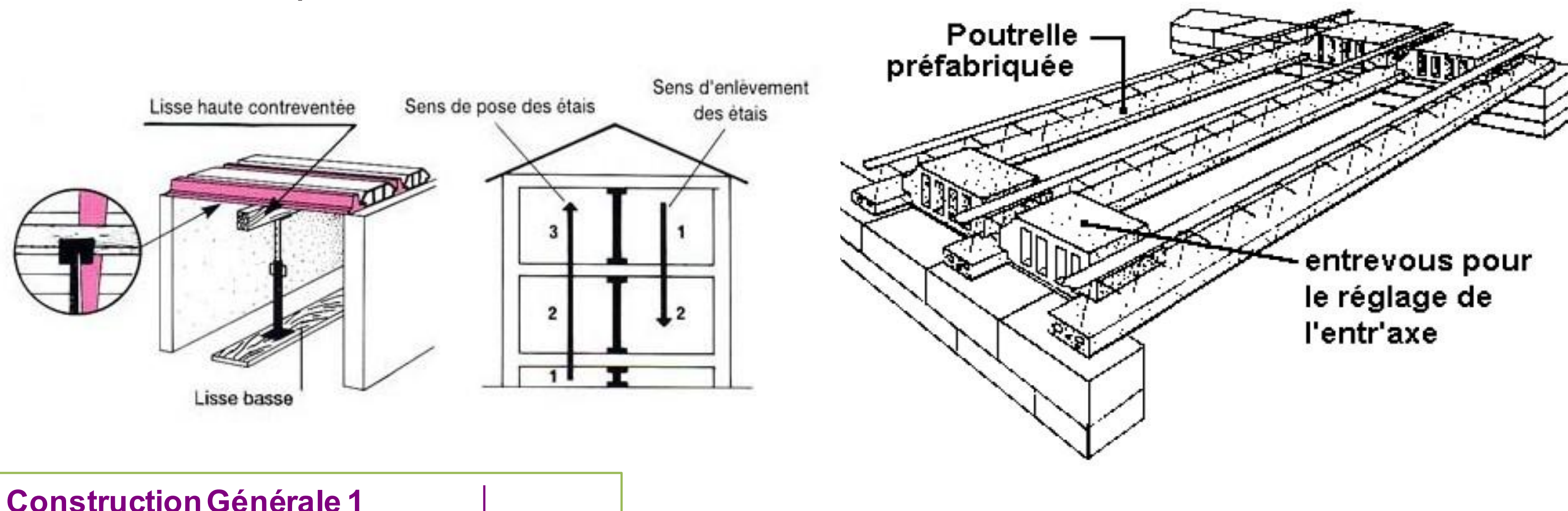
Hauteur en cm	Portée pour un plancher isolé	Portée pour un plancher continu
12+4	4,30	4,70
16+4	5,40	5,80
18+4	6,00	6,40
20+4	6,50	7,00
25+4	7,70	8,50

Mise en œuvre des planchers avec poutrelles préfabriquées

Les poutrelles sont tous d'abord posées sur les porteurs. Leur bon écartement est assuré par la mise en place d'entrevous à chaque extrémité.

Ensuite, on pose des bastaings soutenus par des étais sous les poutrelles afin de leur permettre de supporter la mise en œuvre de la table de compression.

Puis, on pose les autres entrevous, le treillis et on coule le béton.



- **Mise en œuvre des planchers avec poutrelles préfabriquées**



Avantages et Inconvénients

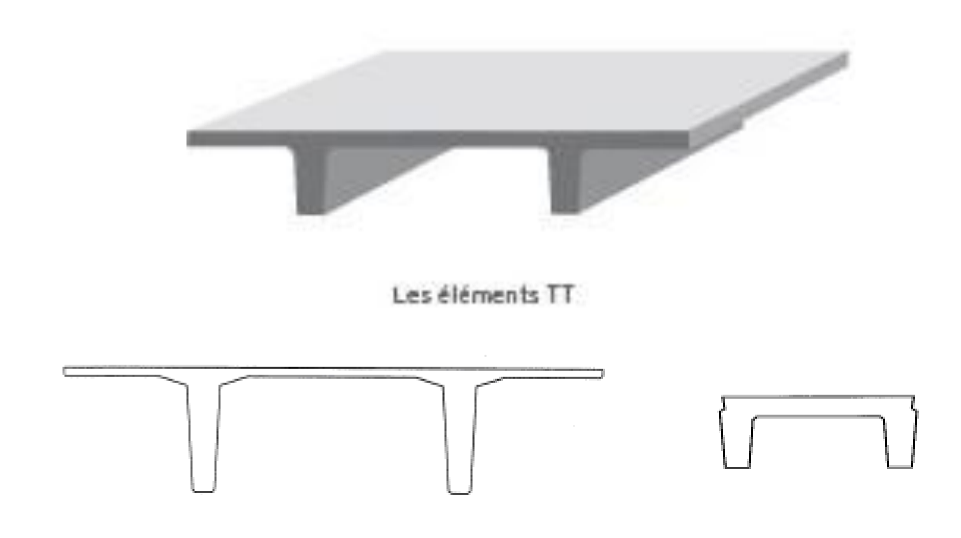
AVANTAGES	INCONVENIENTS
• Mise en œuvre facile, pas de coffrage • Ne nécessite pas de gros engin de levage, • Isolation thermique améliorée • Plancher relativement léger • Idéal pour la confection des vides sanitaires	• Grande épaisseur des planchers • Sous face à enduire • Portée limité à 6 ou 7 mètres • Pas de souplesse de forme et de taille • Mauvaise isolation acoustique • Nécessite beaucoup de manutentions • Mise en œuvre relativement longue

Planchers nervurés

Définition

Les planchers sont dits nervurés lorsqu'en coupe transversale (perpendiculaire au sens de la portée), la section résistante prise en compte dans les calculs se présente comme une succession de sections en « T » dont les nervures sont en béton ou en céramique et le hourdis constitue la partie supérieure.

- Section TT
- Section U inversé





Planchers nervurés

La nervure est composée d'une ou de plusieurs poutrelles (poutrelle préfabriquée en béton - ou céramique - armé ou précontraint, en treillis métalliques ..., à l'exclusion de solives en bois ou de profilés métalliques), et du béton complémentaire coulé en œuvre entre des entrevous ou des coffrages récupérables.



Planchers nervurés

ü **Dimensions**

−Les éléments TT sont réalisés en dimensions standard de 2400 mm de largeur (en réalité 2390 mm ou de 3000 mm).

−Les éléments en U inversé ont généralement une largeur de 600 ou 1200 mm.

- L’épaisseur totale des éléments TT se situe normalement entre 150 et 800 mm, pour une portée pouvant atteindre 28 m maximum.

Planchers nervurés

- **Avantages**

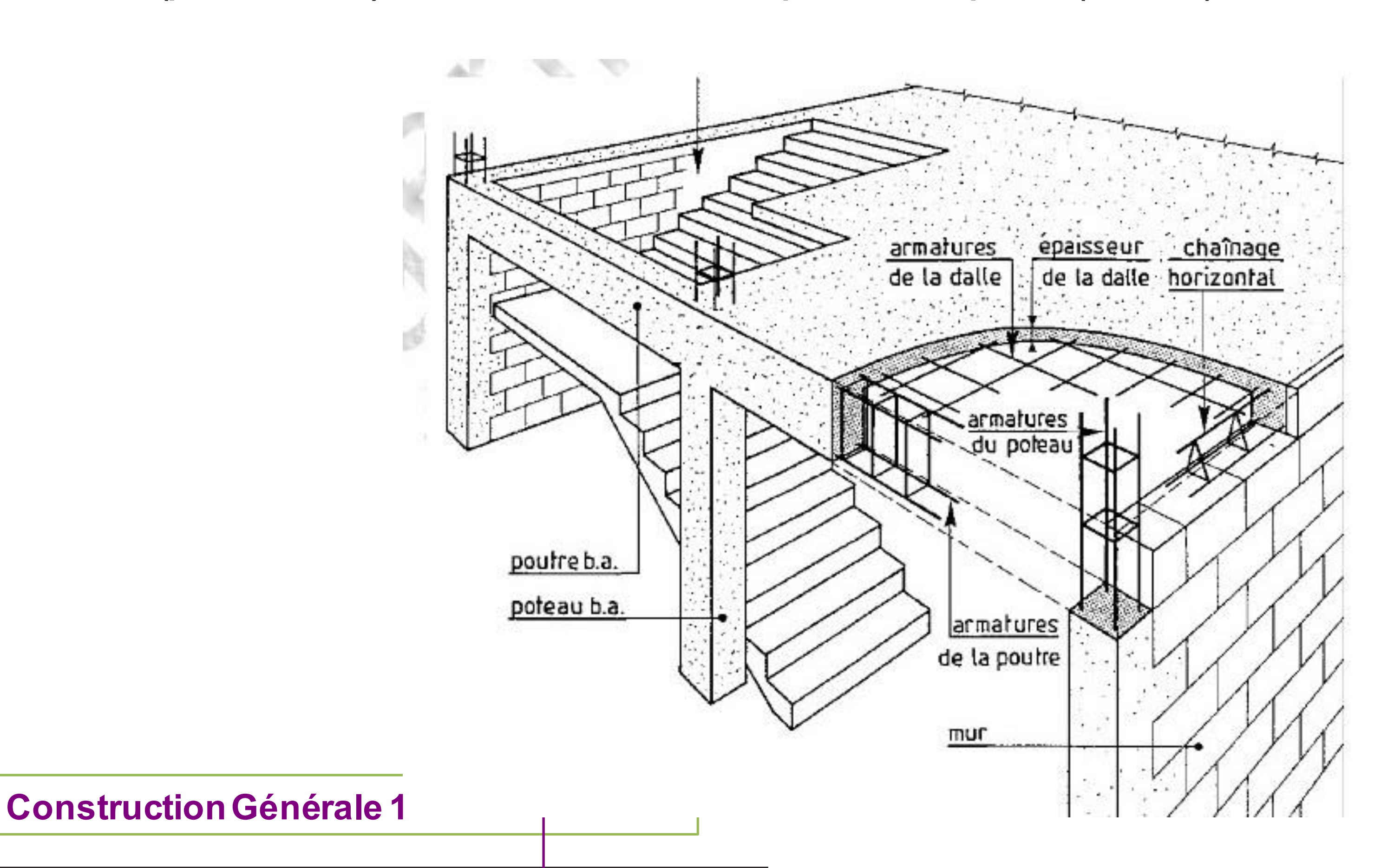
− Leur grande capacité portante

- Leur grande résistance aux charges pour les grandes portées

Dalle pleine

ü Définition

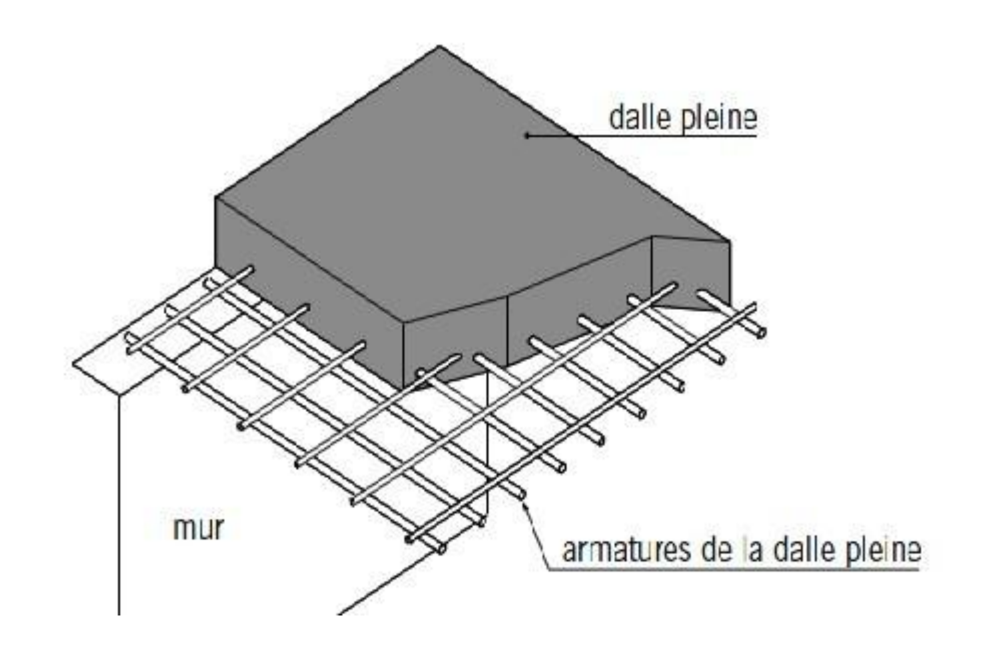
Les *dalles pleine sont des planchers en béton armé à* âme pleine. Ils sont soit entièrement coulés en place, soit en partie préfabriqués (*prédalles), soit entièrement* préfabriqués (rares).



Dalle pleine coulée sur place

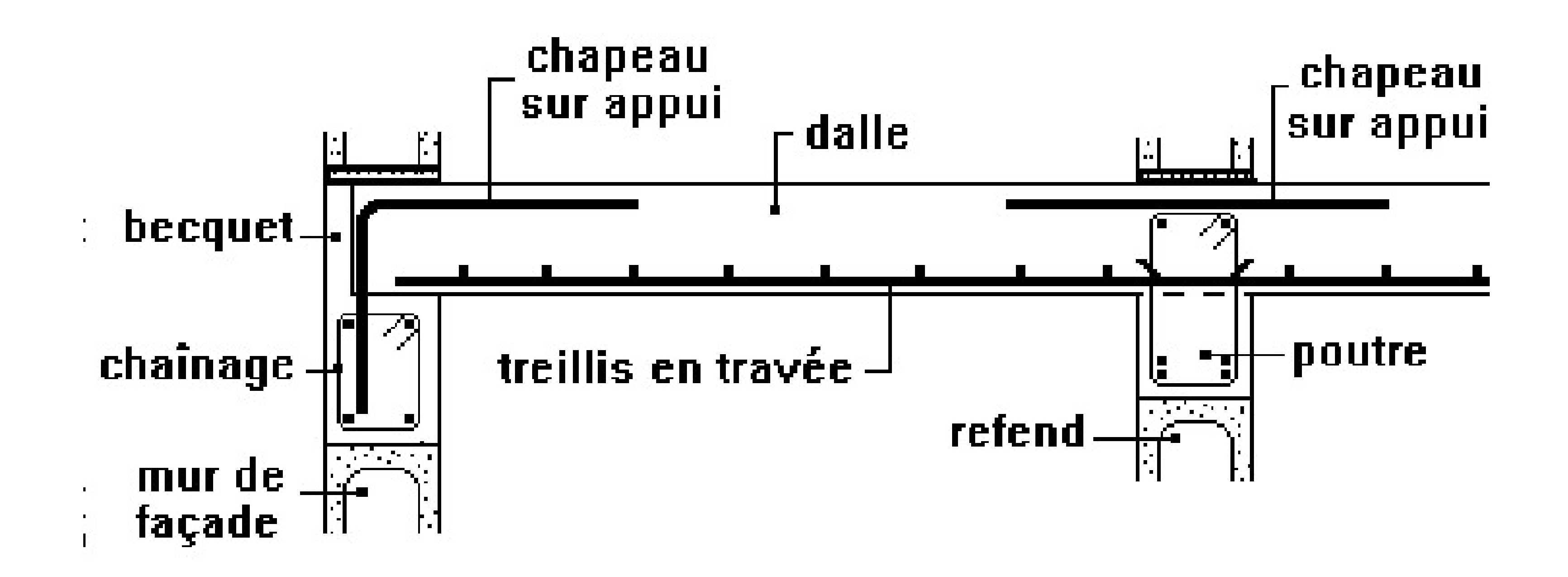
ü Définition

La **dalle entièrement coulés sur place: plancher en** béton armé de 15 à 20-cm d'épaisseur coulé sur un coffrage plat.
Le diamètre des armatures incorporées et leur nombre varient suivant les dimensions de la dalle et l'importance des charges qu'elle supporte.
Ce type de plancher est très utilisé dans l'habitat collectif.



Dalle pleine coulée sur place

ü Composition



- En zone courante: en partie basse, un treillis
- Aux appuis: des aciers en chapeau
- Aux rives: un chaînage tout autour du plancher

Dalle pleine coulée sur place

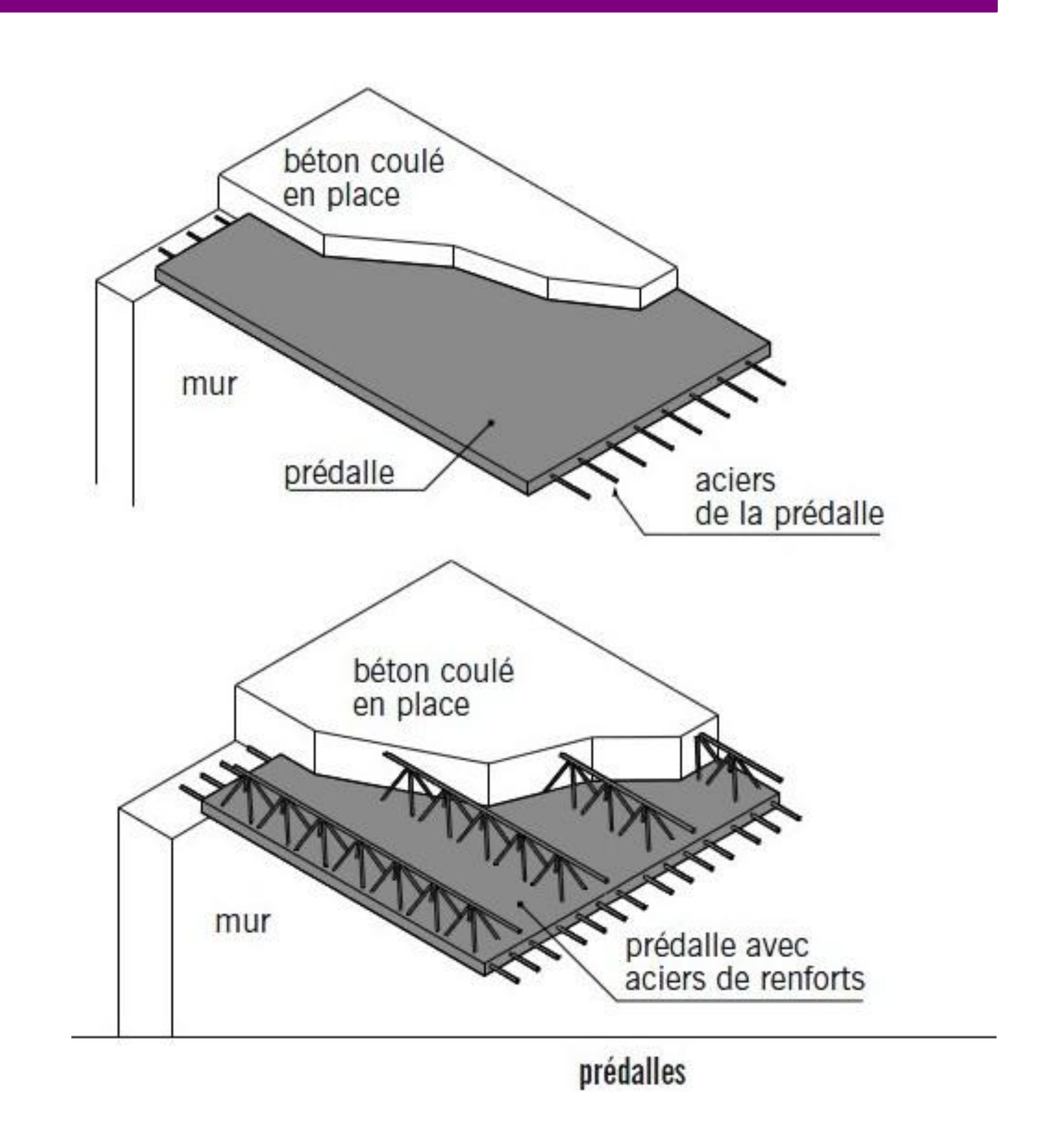
ü Avantages et Inconvénients

AVANTAGES	INCONVENIENTS
• Pas de contrainte liée à la préfabrication • Dalle de taille et de forme quelconque • Ne nécessite pas forcément un gros matériel de levage, • Bonne résistance au feu	• Nécessite l'immobilisation de nombreux coffrages, • Mise en œuvre longue • Mauvaise résistance aux bruits d'impacts.

Dalle pleine partie préfabriquée

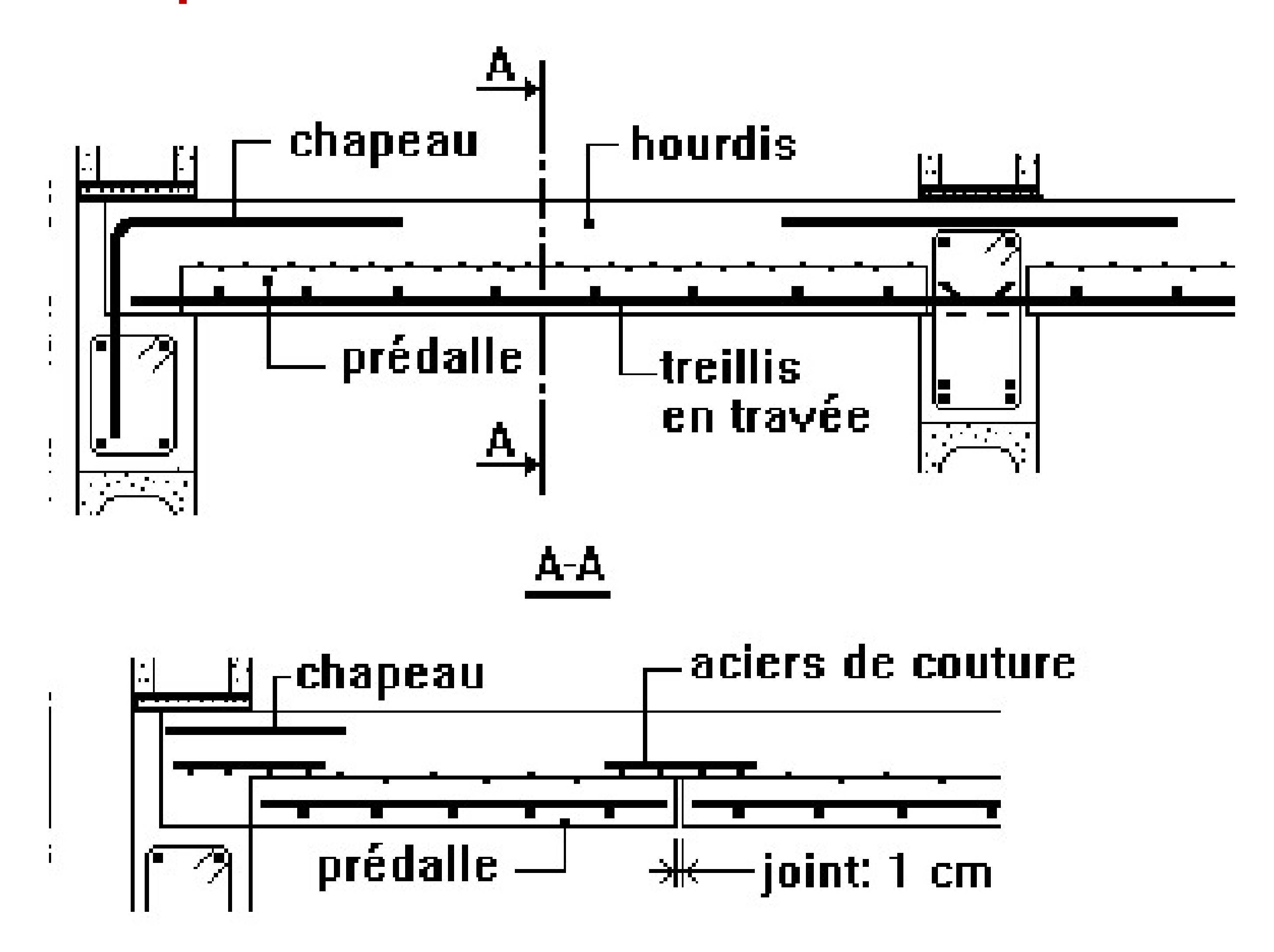
ü Définition

La **prédalle : plaque préfabriquée** en béton armé ou en béton précontraint de 5-cm d'épaisseur environ, constituant la partie inférieure du plancher. La prédalle participe à la résistance du plancher et fait également office d'élément de coffrage en béton.



Dalle pleine: partie préfabriquée

- **Composition**



ü Dimensions

- h_t est la hauteur totale du plancher et h_p la hauteur de la prédalle:

→ **hp ≤ ht/2.**

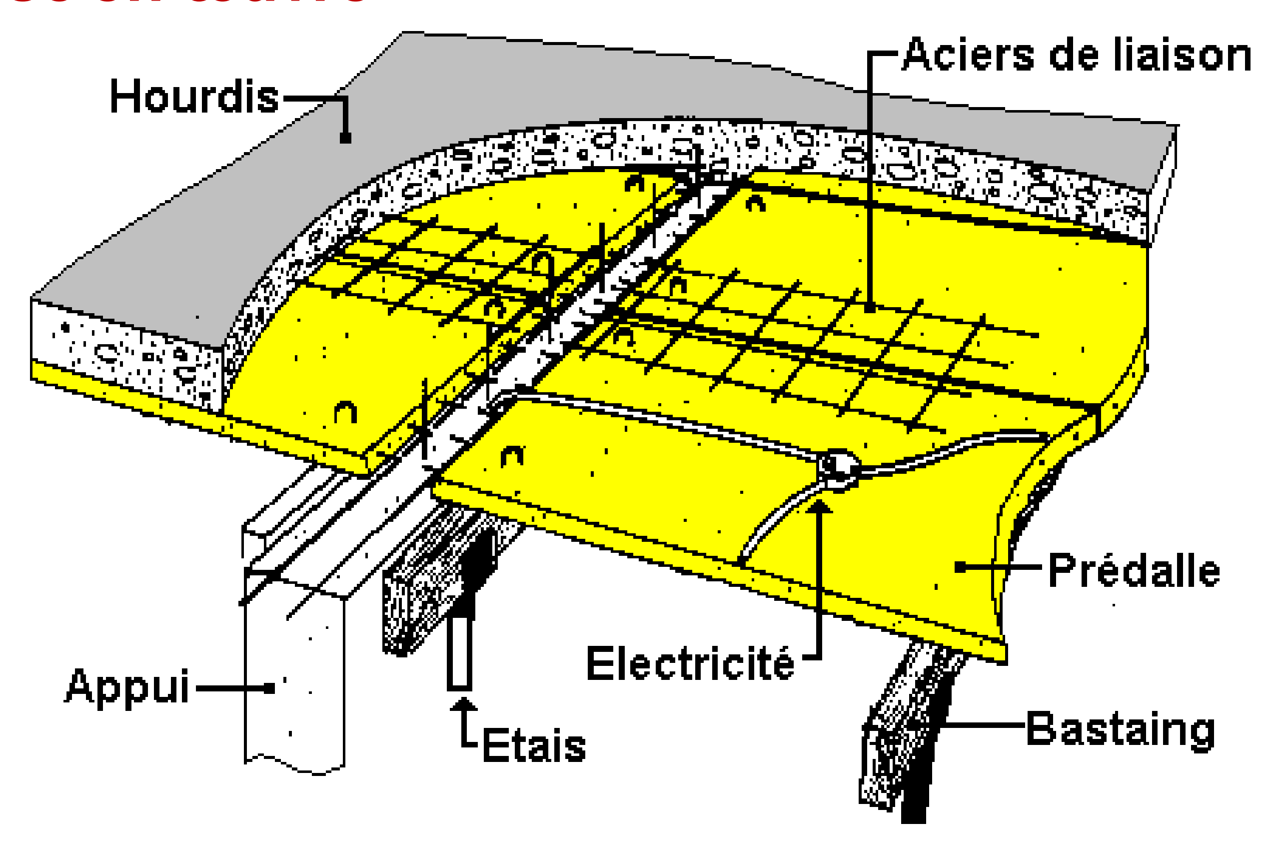
En règle générale, on prend : 5 cm ≤ hp ≤ 7,5 cm,

On peut descendre à 4 cm si la portée est faible.

La largeur varie de 0,6 à 2,4 m

- La longueur est égale à la portée de la dalle.

ü **Mise en œuvre**



Dalle pleine : partie préfabriquée

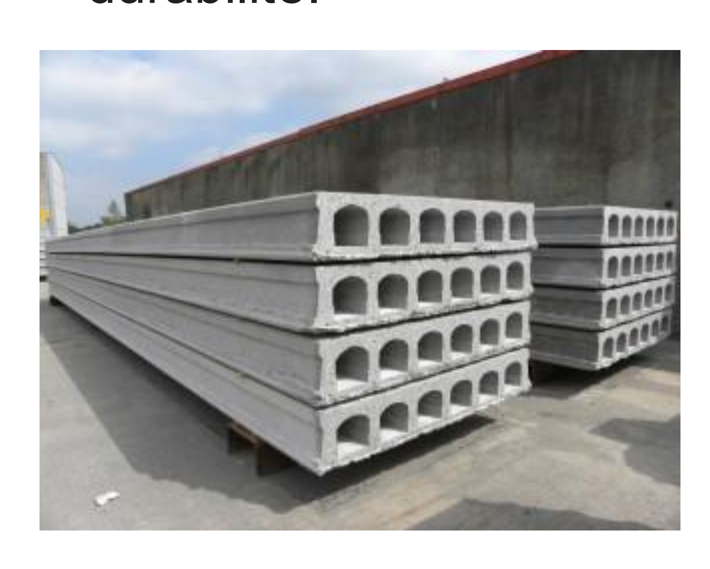
ü Avantages et inconvénients

AVANTAGES	INCONVENIENTS
• Utilise des éléments préfabriqués sur place ou en usine de forme diverses • Pas de coffrages à placer en hauteur, • Mise en œuvre rapide et facile	• Nécessite un gros matériel (grue, palonnier), • Traitement des joints nécessaire, • Portée relativement limitée

Planchers préfabriqués

ü **Définition**

Les planchers préfabriqués présentent certains avantages, entre autres l'absence de coffrages sur chantier, une capacité portante élevée, de très grandes portées et une grande durabilité.





Planchers préfabriqués

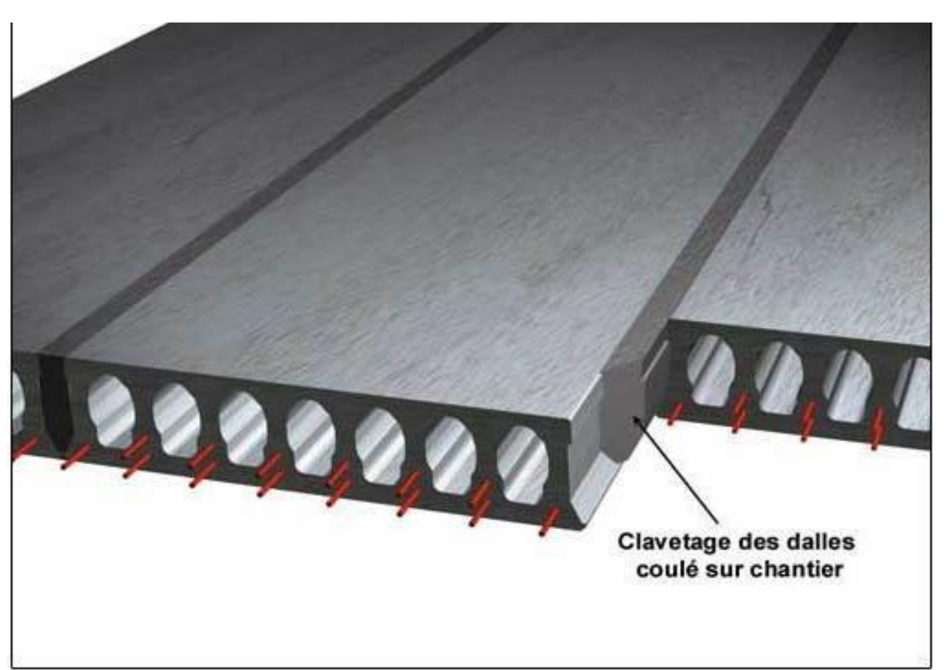
ü Définition

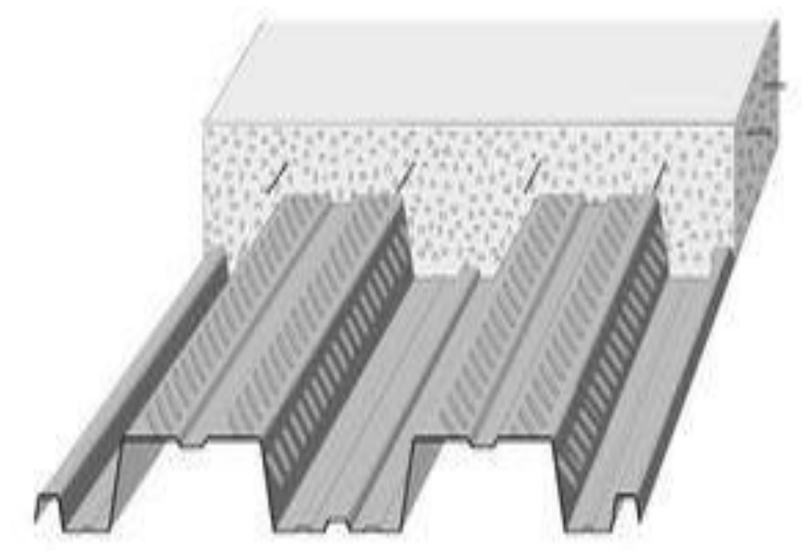
Les planchers préfabriqués peuvent être classés selon leur méthode de production et de mise en œuvre (totalement ou partiellement préfabriqués) ainsi que les matériaux utilisés pour la fabrication.

On distingue :

- **Les planchers alvéolés** sont composés d'éléments intégralement réalisés en usine en béton armé .
- **Les planchers collaborants** sont composés d'une partie préfabriquée et d'une partie coulée en place

ü **Définition**





ü Planchers Alvéolés

- Les planchers alvéolés se composent d'éléments creux préfabriqués en usine. Ce type de plancher est surtout utilisé dans le cas de grandes portées et charges moyennes.

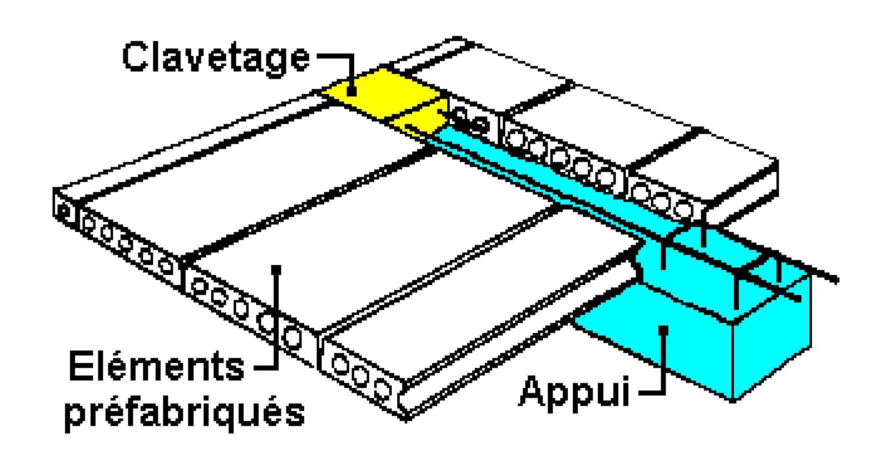
- Le volume des alvéoles doit représenter 30 à 50 % le volume du plancher alvéolé.

- Les dalles alvéolées sont généralement en béton précontraint, d'épaisseur comprise entre 12 et 40 cm, de largeur standard 1,20 m et de longueur pouvant aller jusqu'à 20 m.

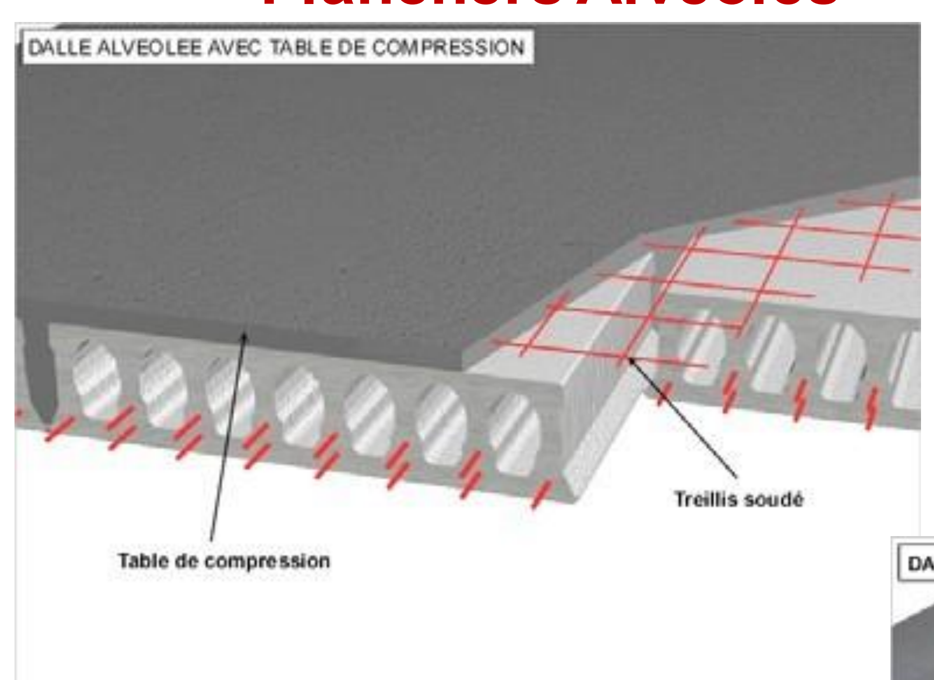
ü Planchers Alvéolés

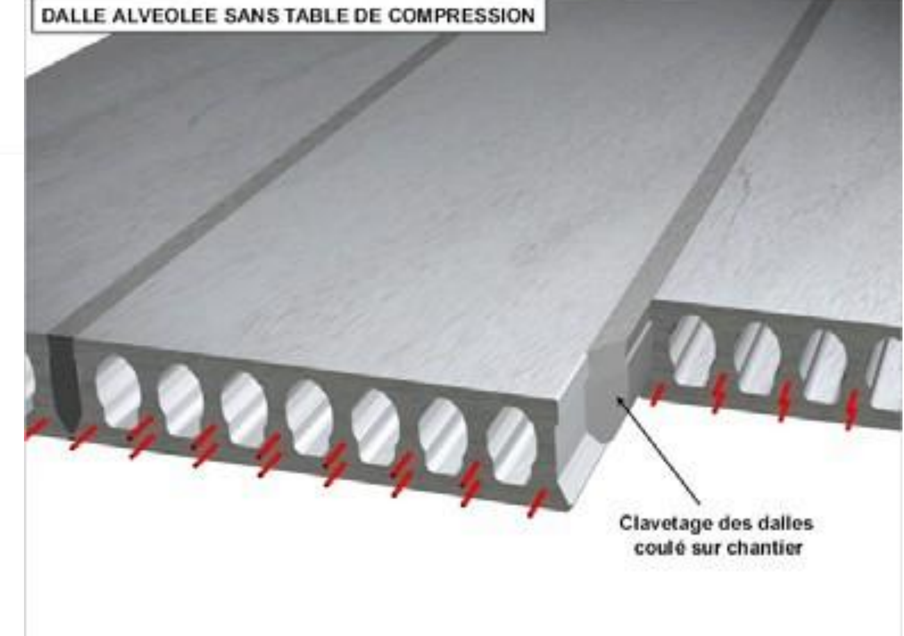


- Ils se manipulent au palonnier.
- Les dalles alvéolées sont posées jointivement
- Après montage, ils sont liaisonnés à la structure portante,
- les joints transversaux étant remplis de béton de clavetage pour assurer l'assemblage des dalles
- Dans certains cas, les éléments de plancher sont recouverts d'une couche de solidarisation coulée en place



- **Planchers Alvéolés**





ü **Planchers Alvéolés**

· ***Utilisation***

L'utilisation de la dalle alvéolée est particulièrement indiquée dans:

- *les constructions industrielles,*
- *les locaux commerciaux,*
- *les parkings,*
- *les immeubles de bureaux,*
- *les groupes scolaires,*



Planchers entièrement préfabriqués

ü **Planchers Alvéolés**

- ***Avantages et Inconvénients***

AVANTAGES	INCONVENIENTS
· Préfabrication en usine (qualité et fiabilité) · Légèreté du produit · Epaisseur réduite · Portée atteignant 16 à 20 m sans acier et sans hourdis · Rapidité de mise en œuvre · Simplification de la structure par la suppression des porteurs intermédiaires · Grands volume dégagés □ grande latitude dans l'aménagement intérieur des locaux · Pas d'étaiement · Cadence de pose élevée · Peu ou pas d'armatures complémentaires · Réduction et maîtrise des délais de réalisation du gros œuvre, intervention rapide des autres corps d'état	· Coût élevé, · Problèmes de fixations ultérieures · Joints très nombreux, · Levage de forte puissance

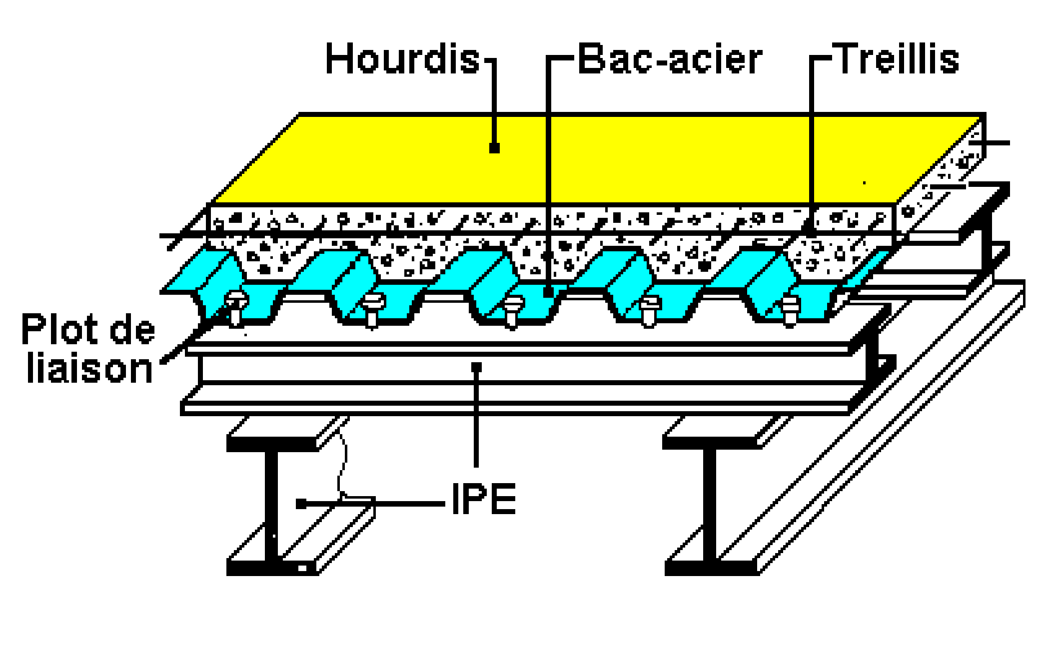
Planchers partiellement préfabriqués

ü Planchers collaborants

Les planchers partiellement préfabriqués sont composés d'une partie préfabriquée et d'une partie coulée en place. La capacité portante finale est réalisée par l'action composite des deux parties.

Ce plancher est surtout utilisé pour les constructions métalliques.

Une tôle bac en acier est placée dans la zone tendue du plancher et collabore avec le béton par l'intermédiaire de connecteurs (plots) pour reprendre les efforts de traction.




Merci pour
votre attention